


BIBL. COLL.
S.F. XAVERII
VENETENSIS.
No
No



LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

Par M. l'Abbé NOLLET, *de l'Académie Royale des Sciences, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, Maître de Physique de Monseigneur* LE DAUPHIN, *& Professeur Royal de Physique Expérimentale au College de Navarre.*

TOME QUATRIEME.

QUATRIEME EDITION.





A PARIS,

Chez HIPPOLYTE-LOUIS GUERIN, & LOUIS-FRANÇOIS DELATOUR, rue S. Jacques, à S. Thomas d'Aquin.

M. DCC. LXIV.

Avec Approbation & Privilege du Roi.

AVIS AU RELIEUR.

Les Planches doivent être placées de maniere qu'en s'ouvrant elles puiſſent ſortir entiérement du livre, & ſe voir à droite, dans l'ordre qui ſuit.

TOME QUATRIEME.

	page.	*planches.*
XII. LEÇ.	76	1
	100	2
XIII. LEÇ.	226	1
	266	2
	318	3
	324	4
XIV. LEÇ.	356	1
	370	2
	408	3
	436	4
	474	5
	496	6
	498	7
	528	8

EXTRAIT DES REGISTRES de l'Académie Royale des Sciences.

Du 9 Août 1748.

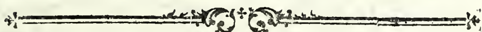
MOnsieur DE REAUMUR & moi, qui avons été nommés pour examiner *le quatrieme Volume des Leçons de Physique Expérimentale* de M. l'Abbé Nollet, en ayant fait notre rapport, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'impression : en foi de quoi j'ai signé le présent Certificat. A Paris ce 9 Août 1748.

GRANDJEAN DE FOUCHY,
Secrétaire perpétuel de l'Académie
Royale des Sciences.

LEÇON.



LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.



XII. LEÇON.

De la nature & des Propriétés de l'Eau.



IL ſeroit difficile de décider ſi l'eau nous eſt moins néceſſaire ou moins utile que l'air. Car quoique nous reſpirions continuellement celui-ci, & que la conſervation de notre vie dépende de la ſalubrité de cet élément, on peut croire que s'il étoit réduit à ſes parties propres, & qu'il manquât d'une certaine humidité qui l'accompagne toujours, nous ſouffririons

XII. Leçon.

XII. LEÇON.

beaucoup de cette ſéchereſſe : l'air ſans eau conviendroit peut-être auſſi peu à notre reſpiration, que l'eau ſans air à celle des poiſſons. L'eau eſt un agent univerſel que la nature emploie dans toutes ſes productions, & qui entre ſi ſouvent & de tant de manieres dans les commodités de notre vie, que ſon interdiction étoit chez les Romains un ſupplice dont on puniſſoit les mauvais citoyens. C'eſt la boiſſon naturelle de tous les animaux ; ſi nous nous en préparons d'autres, ou celle-ci en fait la partie principale, ou elle y entre pour les tempérer ; & quoiqu'on puiſſe vivre fort long-temps & ſainement, en uſant avec modération des liqueurs ſpiritueuſes & fermentées, l'expérience fait voir que les buveurs d'eau jouiſſent communément d'une ſanté plus égale, & qu'ils ſont au moins auſſi robuſtes que les autres hommes.

Je ne me propoſe point d'expoſer ici en détail tous les avantages que l'eau nous procure, & les différentes vues que peut avoir eues la ſageſſe divine en créant cet élément. Ces objets ont été remplis par des Auteurs *,

* *Nieuwentyt*,

dont les ouvrages ſont célebres, & qu'on peut aiſément ſe procurer; mon deſſein eſt d'examiner en Phyſicien ſeulement, les principaux caracteres de l'eau, les ſources d'où elle nous vient, les différents états qu'elle peut prendre, & les effets les plus généraux dont elle eſt capable.

XII. LEÇON. *exiſt. de Dieu, démontrée par les merv. de la Nature. II. part. chap. 4. Théologie de l'eau, par M. Fabricius. Traité des vertus médicin. de l'eau comm. par M. Smith. &c.*

On peut conſidérer l'eau ſous trois états; premiérement comme *liqueur*; ſecondement comme *vapeur*; troiſiémement comme *glace*: ce ſont trois manieres d'être qui ne changent rien à ſon eſſence, mais qui la rendent propre à différents effets, & qui me donnent lieu de partager cette Leçon en trois Sections.

PREMIERE SECTION.

De l'Eau conſidérée dans l'état de Liqueur.

A Parler exactement, l'état naturel de l'eau, celui qu'elle auroit, ſi rien ne ſe mêloit à ſa matiere propre, ſeroit d'être un corps ſolide, comme l'ont fort bien remarqué MM.

Mariotte, de Mairan, & Boerhaave. Oui, l'eau, comme la graiſſe, la cire, & toutes les autres matieres que nous ne voyons couler que quand on les chauffe à un certain degré, ſeroit continuellement glace, ſi la matiere du feu, qui la pénetre pour l'ordinaire en ſuffiſante quantité dans les climats tempérés, n'entretenoit la mobilité reſpective de ſes parties, pour la rendre fluide ; & dans un pays où il fait continuellement aſſez froid pour faire durer ſa congélation, il faut employer le ſecours de l'art pour la faire couler, comme nous l'employons ici pour fondre le plomb, le ſouffre, les réſines, &c. Mais ſi l'état de ſolidité ſemble le plus naturel à l'eau, ce n'eſt pas celui qu'elle a le plus communément, au moins dans la plupart des climats habités ; & par cette raiſon, je commence par la conſidérer comme liqueur, avant que d'expoſer les propriétés qu'elle a lorſqu'elle eſt glacée.

L'eau qui n'eſt point glacée, eſt une liqueur inſipide, tranſparente, ſans couleur, ſans odeur, qui s'attache aiſément à la ſurface de certains

corps, qui en pénetre un grand nombre, & qui éteint les matieres enflammées. Si elle paroît quelquefois opaque, colorée, odorante, ou qu'elle ait un goût remarquable, c'est qu'alors elle est mêlée avec une matiere étrangere, qui lui donne une qualité qu'elle n'a point d'elle-même.

La fluidité de l'eau, comme celle des autres liquides, vient de la matiere du feu qui la pénetre, & qui met ses parties en état de rouler les unes sur les autres, & d'obéir au penchant de leur propre poids, ou à toute autre impulsion : mais indépendamment de cette cause générale, on peut dire que l'eau est plus fluide que bien d'autres matieres, parce que ses molécules sont d'une extrême petitesse, & d'une figure apparemment très-propre au mouvement : je n'ai garde de décider si ce sont des petits fuseaux, des petits cylindres, ou des globules, parce que je ne connois aucune observation, ni aucune expérience qui puisse garantir cette décision; mais une analogie assez générale me conduit à croire que leur figure, telle qu'elle puisse être, contribue à leur mobilité;

une meſure de menus grains, ou de ſable bien ſec, qu'on fait couler par une trémie, peut être regardée en quelque façon comme un fluide : en pareil cas le bled coule mieux que l'avoine, parce qu'il a une figure plus propre au mouvement ; le ſablon a plus de fluidité que le bled ou le ſeigle, parce que ſes parties plus menues ſont auſſi plus mobiles.

Boerhaave prétend * que la fluidité de l'eau n'eſt point ſuſceptible de plus & de moins ; qu'elle eſt également liquide, ſoit au moment qu'elle ceſſe d'être glace, ſoit qu'elle commence à bouillir ; & il appuie ſon ſentiment ſur une expérience de M. Newton *, qui trouva les oſcillations d'un pendule auſſi libre dans l'eau la plus froide, qu'elles avoient paru l'être dans l'eau la plus chaude. Soit dit ſans bleſſer le reſpect que je dois à ces grands hommes, je ne ſais ſi cette preuve ne ſeroit pas un peu ſujette à réviſion. La maſſe qui faiſoit ces oſcillations, de quelque matiere qu'elle fût, a dû ſe dilater & devenir plus grande dans l'eau chaude que dans la froide : or plus un corps eſt grand,

* Elem. Chem. part. II. p. 295.

* Traité d'Opt. queſt. 28.

plus il éprouve de résistance dans un milieu ; ainsi l'eau chaude, à la vérité, plus fluide, auroit dû rendre le mouvement plus libre, mais le mobile dilaté par la chaleur répondoit à un plus grand volume du milieu résistant ; cette derniere cause a pu compenser l'autre, & empêcher qu'on n'apperçût plus de fluidité dans l'eau chaude, quoiqu'elle y fût réellement.

Il est vrai que Boerhaave se retranche à dire qu'il n'entend parler que d'une fluidité sensiblement égale & constante, & qu'il peut y avoir un plus ou un moins que nous n'appercevons pas ; mais ce plus ou moins, dont il convient, il l'attribue tout entier à la désunion des molécules, par la matiere du feu qui se glisse entr'elles, mais nullement à la division des parties de ces mêmes petites masses ; car il les regarde comme des éléments qui peuvent être séparés les uns des autres, mais non pas entamés. Cependant toutes les autres matieres que nous voyons passer d'un état à l'autre, & qui nous laissent le temps d'observer leurs changements, ne s'amollissent que par degrés, & prennent successi-

vement différentes nuances de fluidité ; les molécules se divisent & se subdivisent à mesure que le feu pénetre la masse, & la liquidité augmente de plus en plus, jusqu'à ce que les parties extrêmement subtilisées, se dissipent par évaporation. Je ne dis pas que l'eau ne puisse être exceptée de cette regle générale ; mais je voudrois que cette exception fût connue par des faits, & appuyée sur de bonnes preuves.

Je ne vois rien dans la nature qui favorise cette opinion ; je trouve au contraire des phénomenes familiers, & en grand nombre, qui semblent la détruire. Pourquoi l'eau froide ne pénetre-t-elle pas les corps aussi facilement que celle qui est chaude ? pourquoi celle-ci enleve-t-elle plus promptement de leur surface les matieres qui y sont adhérentes ? pourquoi la solution des sels dans l'eau est-elle plus abondante & plus complette, à mesure que le degré de chaleur est plus grand ? enfin pourquoi fait-on cuire les viandes & les fruits dans l'eau bouillante, & non-pas dans l'eau froide ? On peut me répondre que

toutes ces matieres dilatées par la chaleur, en deviennent plus pénétrables, plus faciles à entamer, & que l'eau elle-même animée par la chaleur, en eſt plus active, & je conviens de ces raiſons; mais n'eſt-il pas plus que vraiſemblable auſſi, que la même chaleur ſubdiviſe les molécules de l'eau, & les rend plus propres à s'inſinuer dans les matieres diſſolubles?

L'eau nous vient, ou de l'athmoſphere par les pluies, les neiges, & autres météores aqueux; ou du ſein de la terre, par les ſources & les fontaines; ou enfin par des canaux & des réſervoirs qui ſe trouvent à la ſurface de notre globe, comme des rivieres, des lacs & des mers.

Nous avons vu dans la leçon précédente comment l'eau s'éleve en vapeurs, & s'amaſſe dans l'air au-deſſus de nous, pour tomber enſuite ſous différentes formes. Moïſe, en nous traçant l'hiſtoire de la Création, nous apprend que dès le commencement l'Auteur de ce vaſte univers ſépara de la terre habitable ce grand amas d'eau qu'on appelle la *Mer*, & qu'il en fixa les limites. Nous voyons naître les ri-

vieres & les fleuves d'une, & le plus ſouvent, de pluſieurs ſources qui réuniſſent leurs eaux pour couler dans un même lit. Mais d'où viennent ces ſources perpétuelles qui forment & qui groſſiſſent les eaux courantes, & que nous rencontrons dans preſque tous les endroits où nous creuſons la terre ? quelle cauſe ſecrette les fait naître, & les entretient ? C'eſt une queſtion ſur laquelle les Phyſiciens ne ſont point d'accord, & qui fait depuis long-temps l'objet de leurs recherches.

La premiere obſervation qui ſe préſente, quand on raiſonne ſur l'origine des fontaines, c'eſt que leurs eaux vont toutes ſe rendre à la mer, comme à un réſervoir commun : or depuis tant de ſiecles que ces écoulements ſe raſſemblent ainſi, l'Océan & les autres mers auroient ſans doute regorgé de toutes parts, & inondé toute la terre, ſi les rivieres qui vont s'y décharger, y portoient des eaux étrangeres qui ajoutaſſent continuellement à leur immenſe volume : il faut donc que ce ſoit la mer même qui fourniſſe aux ſources cette abondance d'eau qui lui rentre ; & que par une eſpece de

circulation, celles-ci puiſſent couler perpétuellement, ſans trop remplir le vaſte baſſin qui les reçoit. XII. LEÇON.

Ce raiſonnement, qu'on eſt comme forcé de faire dès qu'on entame cette matiere, eſt un point fixe où ſe réuniſſent toutes les opinions; mais comment l'eau va-t-elle de la mer aux fontaines? voilà ce qui les partage.

De quelque maniere que l'eau ſoit amenée à la ſource d'où nous la voyons ſortir, il faut qu'elle puiſſe, ſoit en partant, ſoit en chemin, ſe dépouiller de la ſalûre, de l'amertume & de la viſcoſité qu'on ſait qu'elle a naturellement: car l'eau des fontaines eſt douce; & ſi elle paroît quelquefois chargée de matieres étrangeres, ce n'eſt point ordinairement de celles qui ſe trouvent dans l'eau de la mer. Il ne ſuffit donc pas de faire un ſyſtême hydroſtatique par lequel on faſſe voir comment l'eau de l'Océan peut être déterminée à ſe porter fort avant dans le continent pour y former une ſource; il faut encore que par le même ſyſtême on puiſſe apprendre comment cette eau ſe dépouille de ſon ſel, de ſon bitume, &c.

XII. LEÇON. Selon la pensée de Descartes * ; l'eau de la mer, par des canaux souterreins & suffisamment inclinés, se rend sous les montagnes, dans de grandes cavités que la nature y a pratiquées ; elle y est échauffée par un degré de chaleur qu'il suppose encore au-dessous de ces grandes chaudieres, & elle s'éleve en vapeurs dans le corps même de la montagne, comme dans le chapiteau d'un alambic ; d'où retombant ensuite par son propre poids, lorsqu'elle vient à se condenser, elle se filtre à travers des terres jusqu'à ce qu'elle rencontre une issue.

* *Princip. de la Phil. 4. part. §. 64.*

Si tout alloit ainsi, il faut convenir que l'eau pourroit venir de la mer, & sortir douce au milieu du continent : mais pour rendre raison de ces deux effets, que de suppositions sans preuves ! J'aime assez que l'art copie la nature ; mais j'ai mauvaise opinion d'un systême où la nature imite l'art ; & pour dire ce que j'en pense, il semble que celui-ci ait été fait dans le laboratoire d'un Distillateur. Quand bien même on admettroit ces grands alambics qu'on suppose gratuitement ;

que feroit-on du ſel & des autres matieres dont l'eau de la mer ſe dépouille en s'évaporant ? depuis le temps que cette diſtillation dure, comment ces grandes chaudieres ne ſeroient-elles pas encore comblées ?

XII. LEÇON.

C'eſt apparemment pour lever cette difficulté qu'un Auteur moderne * a imaginé que l'eau ſalée, après avoir été évaporée pendant quelque temps ſous les montagnes, ſe trouvant alors plus chargée de ſel & plus peſante qu'auparavant, reflue par ſon poids vers la mer, & que ſe renouvellant ainſi elle n'eſt ſujette à aucun dépôt. Mais quoique cette penſée ſoit ingénieuſe, & que les gouffres *abſorbants* & *vomiſſants* qu'on obſerve en quelques endroits de la mer, lui donnent une ſorte de probabilité, on peut dire cependant qu'elle auroit peine à ſe concilier exactement avec les loix de l'hydroſtatique, reſtreintes par les frottements & autres obſtacles, & qu'elle charge encore de nouvelles ſuppoſitions le ſyſtême Cartéſien, qui peche déjà par trop peu de ſimplicité.

* *M. Kuhn. médit. ſur l'origine des font. p. 239.*

Une autre hypotheſe, qui ne me paroît pas meilleure que celle-ci, &

XII. LEÇON.
qui a pourtant ſes défenſeurs, c'eſt de dire que les eaux de la mer ſe diſtribuent à toutes les parties du globe, par une infinité de canaux ſouterreins, à peu près comme le ſang qui part du cœur, s'étend par les arteres juſqu'aux extrêmités du corps animé; qu'en paſſant à travers du ſable & des terres, elles dépoſent leur ſel, leur bitume, &c. & qu'étant devenues douces, elles ſortent par les paſſages qu'on leur ouvre, ou que la nature leur a préparés.

Mais par quelle puiſſance toutes ces veines d'eau s'élevent-elles au-deſſus du niveau de la mer, pour ſe mettre en état d'y retourner par leur peſanteur? pourquoi ne les voit-on jamais ſortir de la terre avant que d'être parfaitement douces, ſi cette douceur ne s'acquiert que par un long trajet? & depuis ſix mille ans que dure cette filtration, comment la mer n'a-t-elle point perdu une grande partie de ſon ſel? & comment ce même ſel n'a-t-il point engorgé tous ces aqueducs ſouterreins? La vérité eſt que cette prétendue filtration eſt une chimere; l'expérience a fait voir qu'on

ne deſſale point ſuffiſamment l'eau de la mer, en la faiſant paſſer à travers des ſables & des terres de quelque eſpece qu'elles ſoient ; & d'habiles Obſervateurs * ont remarqué que les eaux ſouterreines, par-tout où on les rencontre, ont un écoulement déterminé vers la mer, ce qui prouve avec évidence qu'elles n'en viennent point immédiatement. En vain citeroit-on les puits d'eau douce qu'on trouve dans les petites iſles & au voiſinage des côtes : ces puits tariſſent dans les temps de ſéchereſſe ; c'eſt donc l'eau des pluies, & non pas celle de la mer, qui les entretient.

* *Vallisneri dell' origine delle font.*

Les pluies, les neiges, les brouillards, & généralement toutes les vapeurs qui s'élevent, tant de la mer que des continents & des iſles, ſont, ſelon toute vraiſemblance, les principales cauſes qui font naître & qui entretiennent les fontaines, les puits, les rivieres, & en général toutes les eaux courantes, & qui ſe renouvellent continuellement. En embraſſant cette opinion, qui eſt la plus ſuivie, on n'eſt point en peine de ſavoir pourquoi les eaux qui nous viennent

XII. LEÇON.

du ſein de la terre ſont douces, quoique pour la plus grande partie elles viennent originairement de la mer; car on ſait par expérience que l'eau, en s'élevant en vapeurs, comme celles qui forment les nuages, abandonne les ſels dont elle eſt chargée, & toutes les matieres peſantes qui ne peuvent pas ſe volatiliſer comme elle: on comprend auſſi fort aiſément pourquoi les ſources qui ſont les plus prochaines de la mer ſont auſſi douces que celles qui en ſont les plus éloignées, parce qu'elles doivent toutes leur origine aux eaux qui viennent de l'athmoſphere, & qu'il n'y en monte aucune qui ne ſoit dépouillée de ſon ſel: enfin l'on explique ſans difficulté pourquoi les ſources ſe trouvent plus communément qu'ailleurs au pied des montagnes, car ces grandes maſſes qui s'élevent beaucoup dans l'athmoſphere, arrêtent les nuages, préſentent plus de ſurface aux pluies & aux brouillards, & ſe couvrent le plus ſouvent de neiges, qui ſe fondent peu à peu, & qui produiſent des écoulements perpétuels, dont la plupart demeurent cachés dans les rochers,

ou

ou dans la terre, & ne ſe montrent qu'aux endroits les plus bas, ou fort avant dans les plaines.

XII. LEÇON.

Ce que l'on objecte de plus ſpécieux contre ce ſyſtême, c'eſt qu'il y a peu d'apparence, dit-on, que ces immenſes volumes d'eau que les rivieres & les fleuves font paſſer continuellement ſous nos yeux, & qui ſe ſuccedent avec tant de rapidité, puiſſent être le produit d'une mince vapeur, qu'on apperçoit à peine, & qui ne tombe en pluie, en neige, &c. que par intervalles. Mais d'habiles Phyſiciens * ont fait évanouir cette difficulté, en comparant la quantité d'eau de pluie qui tombe à Paris, & aux environs, pendant le cours d'une année moyenne, avec celle de la Seine qui paſſe en pareil temps ſous le Pont-royal : il réſulte de leurs expériences & de leurs calculs, dont je me diſpenſe de rapporter ici le détail, parce qu'il eſt très-bien expoſé dans un ouvrage moderne * qui eſt entre les mains de tout le monde; il réſulte, dis-je, que dans chaque année, il tombe beaucoup plus d'eau qu'il n'en faut pour entretenir les rivieres,

* *M. Mariotte, traité du mouv. des eaux, 1. part. 2. diſcours. Monſieur Halley, &c.*

* *Spect. de la nat. tome 3. p. 99. & ſ.*

XII. LEÇON.

& pour remplir les étangs ; de ſorte que ces ſavants Obſervateurs, en répondant à une difficulté, en font naître une autre : car les rivieres ne reportant point à la mer toute l'eau qui tombe ſur la terre, on demande ce que devient le reſte, & pourquoi la mer ne tarit point à la longue.

On peut répondre à cette nouvelle objection, qu'une partie de l'eau qui tombe ſur la terre, & qui n'entre point dans le lit des rivieres, s'inſinue par les crevaſſes que la ſéchereſſe occaſionne, ou par mille autres pertuis que les inſectes & les autres animaux ont creuſés, & qu'elle forme ces couches d'eau ſouterreines qu'on obſerve en bien des endroits, & qui s'écoulent lentement vers la mer ; qu'une autre partie ſert de boiſſon aux animaux, & de nourriture aux plantes qui en abſorbent beaucoup par leurs branches & par leurs feuilles, comme on le peut voir par les expériences de M. de la Hire * & par celles de M. Hales †; & qu'enfin une autre partie tourne en vapeurs, & s'éleve de nouveau dans l'athmoſphere. Ainſi la pluie qui tombe ſur la mer,

* *Mém. de l'Ac. des Sc. 1703. p. 60.*

† *Statiq. des veget. Chap. 1.*

comme ailleurs, les rivieres & les écoulements souterreins ne rendent au grand réservoir que ce qu'il en sort à peu près: & ce qui n'y va point, remplace apparemment ce qui s'évapore continuellement de la terre & des eaux dormantes; car les vapeurs qui s'élevent dans l'athmosphere, & qui font les nuages, ne viennent pas seulement de la mer, mais aussi des continents & des isles.

De quelque maniere que nous vienne l'eau, elle n'est jamais parfaitement pure: sans parler de l'air & du feu qu'elle contient toujours en assez grande quantité, puisqu'elle n'est fluide que par le mêlange de ce dernier élément, & qu'elle se dépouille visiblement, & abondamment de l'autre, lorsqu'on la met dans le vuide; sans parler, dis-je, de ces deux matieres qui se trouvent par-tout, l'eau ne va guere sans quelques substances étrangeres qui se mêlent à ses parties propres, & qui lui donnent souvent des qualités qui se font remarquer par leurs effets. On connoît aisément que l'eau n'est point pure, lorsqu'elle n'a plus sa limpidité naturelle, ou bien

XII. LEÇON.

lorſqu'on lui trouve de l'odeur ou du goût ; mais il peut arriver auſſi, (& c'eſt un cas aſſez commun,) que ce qu'elle contient d'étranger ne change rien à ſes qualités ſenſibles ; c'eſt-à-dire, qu'elle n'en paroiſſe ni moins claire, ni moins inſipide, &c. & alors il faut emprunter le ſecours de l'art, pour s'aſſurer ſi elle eſt auſſi pure qu'elle paroît l'être.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut avoir de l'eau de pluie diſtillée dans pluſieurs vaiſſeaux ; mettre fondre dans l'un du ſel marin, dans l'autre du vitriol de Mars, dans un autre de l'alun, & de tout en telle quantité qu'en goûtant l'eau, on ne puiſſe pas diſtinguer de quelle matiere elle eſt chargée ; on doit filtrer toutes ces eaux ſéparément à travers d'un ou de pluſieurs papiers gris, & en mettre dans des verres à boire, bien nets, environ 2 cuillerées de chacune ; on peut auſſi en avoir quelques-uns qui contiennent de l'eau de puits bien claire.

EFFETS.

Si l'on éprouve toutes ces eaux, 1° en y mêlant quelques gouttes de diſſolution d'argent par l'eſprit de nitre, il arrive preſque toujours qu'elles ſe troublent & qu'elles prennent quelque couleur.

2° Si l'on y jette un peu d'infuſion de noix de Galles, celle qui contient du vitriol de Mars devient d'un roux obſcur, & tirant ſur le violet.

3° Si l'on y met un peu d'huile de tartre par défaillance, celles qui contiennent des matieres ſalines & terreſtres, deviennent laiteuſes.

EXPLICATIONS.

Les parties ſalines, métalliques ou terreſtres qui flottent dans l'eau, n'en alterent point la limpidité, tant qu'elles y ſont ſeules, parce qu'elles ſont extrêmement diviſées, & que leur petiteſſe égale peut-être celle des molécules de l'eau même qui les tient en diſſolution, puiſqu'elles paſſent comme elle à travers du filtre; mais quand on y jette une liqueur chargée de quelque matiere, avec la-

XII. LEÇON.

quelle ces particules peuvent s'unir ; alors il naît de cette union des molécules plus grossieres, dont la grandeur, la figure, ou l'arrangement ne convient plus de même au passage de la lumiere : voilà d'où vient l'opacité ou la couleur qu'on remarque dans les eaux préparées de notre expérience. Ces mêmes eaux doivent se troubler encore lorsque les parties de sel qu'elles contiennent sont de nature à s'unir mieux que l'argent avec l'esprit de nitre ; car dans ce dernier cas, les parties métalliques abandonnées à elles-mêmes, tombent par leur propre poids, & font ce qu'on nomme *précipité*. C'est par cette raison que dans les épreuves précédentes, on a vu devenir laiteuses les eaux qui contenoient du sel marin, ou de l'alun. On ne peut attribuer ces changements qu'aux corps étrangers qui nagent dans l'eau qu'on éprouve : car la même chose n'arrive point quand on se sert d'eau distillée avec soin, dans laquelle on n'a rien mis dissoudre ; & quand on prend des eaux plus chargées, ces mêmes effets en deviennent d'autant plus sensibles.

APPLICATIONS.

Les mêmes épreuves que nous avons faites dans l'expérience précédente, ſur des eaux préparées à deſſein, peuvent nous indiquer à peu près les matieres qui dominent dans certaines eaux, dont on a intérêt de connoître les qualités : on pourra donc légitimement ſoupçonner qu'il y a du fer ou du vitriol dans celles que l'infuſion de noix de Galles rendra rouſſes, brunes, ou d'un violet obſcur ; & c'eſt effectivement un des moyens que l'on emploie pour reconnoître les eaux minérales ferrugineuſes. L'eau d'un puits ou d'une fontaine qui deviendra laiteuſe, ou bleuâtre, lorſqu'on y mêlera de l'huile de tartre ou de la diſſolution d'argent, pourra paſſer pour une eau chargée de quelque matiere ſaline ou terreſtre, ce que le vulgaire appelle communément *eau crue*, & qu'il reconnoît par la difficulté qu'elle a à diſſoudre le ſavon, & à cuire les légumes.

La plus pure de toutes les eaux eſt celle de la pluie ; elle eſt diſtillée par

XII. LEÇON.

la nature, & elle ne peut guere avoir d'étranger que ce qu'elle reçoit en paſſant par l'athmoſphere : mais cela ſuffit apparemment pour y cauſer du mêlange ; car on a beau la recueillir dans des vaiſſeaux bien nets, & ſans qu'elle paſſe ſur les toits ni par les gouttieres, elle ne tient jamais contre toute épreuve, ſur-tout quand elle vient après une longue ſéchereſſe & par orage ; elle ſe ſent de la grande quantité d'exhalaiſons qui regnent alors, & qu'elle emporte en tombant : mais comme la plupart de ces ſubſtances qui viennent de l'air ſont volatiles, elle s'en dépouille en peu de temps, ſi elle n'eſt pas renfermée ; & l'on peut dire que les citernes où elle s'amaſſe & ſe conſerve, ſont d'un très-bon uſage.

Les eaux dormantes qui ne ſont pas d'une grande étendue, ont ordinairement des impuretés, dont on s'apperçoit au goût, & quelquefois à l'odorat : elles ſont ſouvent ſur un fond de terre noire & bitumineuſe ; les reptiles & les inſectes qui y fraient & qui y périſſent, les plantes de leurs rivages qui s'y pourriſſent, les chargent

gent néceſſairement de parties graſſes & de ſels volatils, dont tous ces corps contiennent une grande quantité : toutes ces cauſes enſemble ſont prendre à ces eaux des qualités déſagréables ou nuiſibles ; c'eſt une attention qu'on devroit avoir dans les campagnes, ſur-tout pendant les temps de ſécheresſe où les eaux ſont baſſes, de tenir les marres très-propres, de ne ſouffrir aucunes plantes ſur leurs rivages, de crainte que dans le grand nombre il ne s'en trouve de vénimeuſe, & d'empêcher qu'on n'y trempe le chanvre ou le lin pour le rouir ; car le bétail peut s'empoiſonner par les mauvaiſes eaux, ou gagner des maladies qui auroient des ſuites fâcheuſes.

L'eau de riviere, par les mêmes cauſes, ne ſeroit ni plus pure, ni plus ſaine que celle d'une marre, ſi le mouvement qui la briſe ſans ceſſe ne prévenoit la corruption, & ſi ſon renouvellement perpétuel, ne diviſoit & ne raréfioit, pour ainſi dire, les matieres étrangeres qui s'y mêlent ; & c'eſt par le défaut de ce dernier effet, ſans doute, que l'eau des petites rivieres eſt communément moins bonne à

XII. LEÇON.

boire que celle des grandes, & que celle-ci même diminue de bonté, dans les temps de ſéchereſſe où elle demeure long-temps baſſe.

On ſait aſſez de combien de matieres différentes les eaux des fontaines & des puits ſe trouvent chargées : les unes contiennent du fer, du vitriol, & d'autres ſubſtances ſalines ou métalliques ; telles ſont nos fontaines minérales de Paſſy, de Forges, de Vichy, de Bourbon, de S. Aman, de Plombieres, &c. les autres ſont graſſes, ou ſulfureuſes, juſqu'à s'enflammer : telle eſt celle de Sibini en Allemagne, & celle qui eſt en Dauphiné auprès de Grenoble. * On en voit d'autres dans leſquelles les corps ſe pétrifient ou s'incruſtent, parce qu'elles ſont chargées d'un ſuc pierreux dont ſe rempliſſent leurs pores, ou qu'elles dépoſent à la ſurface des matieres qu'on y plonge ; enfin l'on en trouve qui ſont tellement chargées d'un ſel ſemblable à celui de la mer, qu'on en tire aſſez pour fournir à la conſommation de pluſieurs Provinces, comme on le voit à Salins, à Salies, &c. Les ſources qui ont ces

* *Hiſt. de l'Ac. des Sc. 1699, p. 23.*

qualités, les doivent aux mines par lesquelles elles passent avant que de sortir de la terre : la nature se sert de toutes ces eaux errantes & comme extravasées, pour charrier & rassembler selon ses vues les principes des mixtes & de toutes les concrétions qui se forment secrétement & peu à peu dans le sein de la terre ; & par fois il arrive qu'elles se font jour, ou qu'on leur ouvre des passages, avant qu'elles aient déposé les matieres dont elles sont chargées.

XII. LEÇON.

L'eau de la mer est la moins pure de toutes les eaux communes ; sa salure, son amertume, sa viscosité, empêchent qu'on n'en fasse usage pour boire, ou pour préparer les aliments. Pour les voyages de long cours, on est obligé d'embarquer de l'eau douce, qui se corrompt à plusieurs reprises, & qui n'est bonne que par intervalles. Cette provision prend beaucoup de place dans un vaisseau, où l'on n'en a jamais de trop ; & lorsqu'elle vient à manquer, il faut souvent se détourner pour en aller chercher d'autre, ou bien l'équipage est exposé à une disette plus cruelle à souffrir que celle

XII. LEÇON.

des autres aliments. Quelle commodité ne seroit-ce pas pour la navigation, si l'on pouvoit à peu de frais, & sans trop d'embarras, rendre l'eau de la mer potable ! il y a long-temps aussi qu'on en cherche les moyens ; & à la rigueur on peut dire qu'on les a trouvés ; mais les préparatifs, & certains soins qu'exige cette opération, & peut-être plus encore que toute autre chose, la difficulté d'introduire une nouveauté, quelque avantageuse qu'elle paroisse, ont empêché jusqu'à présent que cette découverte ne passât en usage. On peut voir dans un ouvrage dont la traduction paroît ici depuis quelques années *, ce qui a été fait à cet égard par différentes personnes, sur-tout en France, par M. Gautier Médecin de Nantes, & en Angleterre par M. Hales, membre de la Société Royale, & Auteur de plusieurs bons ouvrages de Physique. De tous ceux qui se sont appliqués à cette importante recherche, on peut dire que personne n'a mieux réussi que ces deux Savants : le dernier sur-tout a porté ses vues plus loin que l'autre ; & par des procédés

* *Exp. Phys. sur la maniere de rendre l'eau de la mer potable, &c. par M. Hales.*

fort ſimples, dont l'expérience garantit le ſuccès, il enſeigne non-ſeulement la maniere de purifier l'eau de la mer, mais encore celle de conſerver ſans corruption l'eau douce que l'on embarque. (*a*) XII. LEÇON.

De tous les moyens connus que l'on peut employer pour purifier l'eau en général, il n'y en a point de plus uſité que la filtration, ni de plus efficace que la diſtillation. Quand il ne s'agit que de la purger de certaines ſaletés groſſieres qui la rendent trouble, il ſuffit de la filtrer, comme on fait à travers de certaines pierres poreuſes, ou du gravier que l'on a ſoin de laver & de renouveller. C'eſt imiter ce qui ſe fait naturellement dans les *Caves-Goutieres*, ces eſpeces de cavernes qu'on fait dans les carrieres, & où l'on voit l'eau des pluies paſſer goutte à goutte, par les lits de pierres

(*a*) Depuis quelques années pluſieurs perſonnes ſe ſont appliquées de nouveau à ces recherches, & ſont parvenues à rendre l'eau de la mer potable, en la diſtillant, après y avoir mêlé de la pierre à cautere, & de la cendre d'os calcinés, pour lui ôter ſon amertume; & M. Hales, pour hâter l'évaporation, a joint à cela de faire paſſer du vent à travers la maſſe d'eau que l'on diſtille.

XII. LEÇON.

qui en forment la voûte. De cette maniere l'eau devient si limpide, que l'on dit par maniere de proverbe, *clair comme l'eau de roche.* Mais il ne faut pas croire que cette clarté annonce toujours une pureté parfaite ; elle n'en est qu'un signe fort équivoque, car la plupart de ces eaux même qui se filtrent si lentement à travers des roches, portent avec elles un suc pierreux, qui s'amasse avec le temps, & qui forme dans l'intérieur des grottes une infinité de crystaux pendants, de différentes figures, comme on voit aux caves de l'Observatoire de Paris, & beaucoup plus aux grottes d'Arcy en Bourgogne. L'eau, en se filtrant, ne se dépouille donc que des matieres plus grossieres qu'elle, & pour qui les pores du filtre ne sont pas suffisamment ouverts : mais tout ce qui est assez subtil pour passer avec l'eau, y demeure constamment uni, ou ne cede qu'à une filtration souvent réitérée ou fort longue.

La distillation agit plus efficacement ; mais on ne peut pas dire encore que ce soit un moyen sûr pour avoir l'eau absolument sans mêlange :

car ſi les ſubſtances étrangeres qu'elle contient ſont auſſi évaporables qu'elle-même, elles monteront comme elle au chapiteau de l'alambic ; & l'eau, après avoir été diſtillée, n'en ſera pas plus pure qu'auparavant. Cette méthode ne peut donc avoir lieu que pour les eaux qui ſont chargées de quelque matiere fixe, encore faut-il avoir la précaution de ménager le feu, & de ne lui donner que le degré néceſſaire pour élever l'eau en vapeurs.

L'eau la plus épurée que l'on diſtille juſqu'à ſiccité, c'eſt-à-dire juſqu'à ce qu'il n'y ait plus rien de liquide, laiſſe toujours un peu de matiere terreſtre au fond de la cucurbite ; & quoiqu'on la diſtille pluſieurs fois, & que les vaiſſeaux ſoient bien nets, on remarque toujours ce petit réſidu. Ce fait obſervé par Boyle, par Hook, & par quelques autres Phyſiciens, leur a fait conclure que l'eau n'eſt point d'une nature inaltérable ; & M. Newton adoptant cette penſée, dit nettement * » que l'eau ſe change en » une terre ſolide par des diſtillations » réitérées. « Cependant M. Boerhaa-

* *Traité d'Optique.*

XII. LEÇON.

ve, qui dit avoir examiné la chose avec une grande attention, n'est point de ce sentiment ; il croit au contraire que les parties de l'eau sont des éléments inaltérables, & que l'action du feu le plus violent ne peut les entamer, ni par conséquent leur faire changer de forme. Quant au fait sur lequel s'appuient M. Newton & ceux qui pensent comme lui à cet égard, il l'explique en disant, que la matiere terrestre qu'on trouve après chaque distillation, vient de la masse d'air renfermée dans l'alambic, & à travers de laquelle les vapeurs de l'eau s'élevent, ou bien de quelque négligence dans la manipulation.

On ne peut pas nier que l'air contenu dans les vaisseaux d'un laboratoire, où la cendre voltige assez ordinairement, ne soit chargé de quelques saletés, qui peuvent se mêler à l'eau pendant qu'on la distille. Il est vrai qu'on aura peine à croire que cela puisse fournir une quantité sensible de matiere terrestre : mais on n'en trouve que bien peu aussi ; & j'aimerois mieux croire, après l'examen qu'en a fait M. Boerhaave, que

c'eſt une matiere étrangere mêlée à l'eau, que de penſer, ſur une preuve auſſi légere & auſſi douteuſe, que l'eau ſoit réductible en terre.

Comme les matieres dont l'eau ſe trouve chargée, ſont communément plus peſantes qu'elle, on a raiſon de regarder la plus légere comme la meilleure. Il pourroit arriver cependant qu'avec une moindre peſanteur, elle eût quelque mauvaiſe qualité : mais ce n'eſt point le cas le plus ordinaire ; & quand cela ſe trouve, les ſubſtances dont elle eſt infectée, ſont preſque toujours ſpiritueuſes ou volatiles, & l'odorat en peut juger.

On ne peut voir que des à-peu-près touchant la peſanteur ſpécifique de l'eau, parce qu'elle eſt plus ou moins peſante, ſelon ſon degré de pureté. Boyle prétend que toutes les eaux douces, de quelque pays qu'elles ſoient, peſent à peu près également ; & qu'en les examinant ſelon les loix de l'Hydroſtatique, on y trouve à peine un millieme de différence : mais il eſt preſque ſeul de ſon avis ; & je ſais par mes propres expériences, & par celles de

XII. LEÇON.

plusieurs Physiciens fort exacts, que sans sortir de la même province, & quelquefois même dans le même lieu, on trouve des eaux qui pesent considérablement plus les unes que les autres. Boyle lui-même fait mention * d'une certaine Riviere dont l'eau pese un quart moins que l'eau commune d'Angleterre, ce qui me semble bien difficile à croire : les Peuples qui en habitent les bords devroient vivre long-temps, s'il est vrai, comme le dit Hérodote *, que les Ethiopiens vieillissent communément jusqu'à 120 ans & davantage, parce que les eaux qu'ils boivent sont extrêmement légeres ; mais n'en déplaise à Hérodote, qui connoissoit mieux l'histoire morale des hommes que celle de la Nature, je crois qu'il est permis de douter & du fait & de sa cause.

* *De Usu Philosoph. Exper. part.* 2.

* *Lib.* 3. *c.* 125.

La pesanteur spécifique de l'eau la moins chargée de corps étrangers, telle qu'est pour l'ordinaire celle de la pluie ou de la neige fondue, est à celle de l'or à peu près comme 1 est à 19 $\frac{1}{2}$; à celle du mercure, comme 1 à 14 ; à celle de l'air, comme 1000

à 1 $\frac{1}{4}$. Si l'on veut ſavoir le rapport de l'eau comparée, quant au poids, avec un plus grand nombre de matieres, il faut conſulter la Table qui ſe trouve dans le ſecond Volume de cet Ouvrage, *pag.* 393 *& ſuiv.* Mais je dois avertir les perſonnes qui ſeroient curieuſes ou de répéter ces ſortes de comparaiſons, ou d'en tenter de nouvelles, ſoit avec l'aréometre, ſoit en uſant de tout autre moyen, de faire leurs épreuves avec toutes les précautions que j'ai marquées, quelques pages avant la Table dont je viens de parler.

De toutes les attentions qu'on doit avoir dans ces ſortes d'expériences hydroſtatiques, une des plus eſſentielles, c'eſt de ne point comparer deux eaux enſemble, qu'elles n'aient précisément un égal degré de chaleur, & que cette température commune ne differe pas beaucoup de celle de l'air, ou du milieu dans lequel on opere; car l'eau, comme toutes les liqueurs, & pour parler plus généralement, comme toutes les matieres du monde, ſe raréfie & devient plus légere, à meſure qu'elle s'échauffe,

XII. LEÇON.

comme elle ſe condenſe & devient plus peſante en ſe refroidiſſant. Ce n'eſt donc qu'avec un thermometre très-ſenſible, & ſcrupuleuſement obſervé, qu'on peut entreprendre ces opérations, dont les réſultats ne peuvent donner que des différences peu conſidérables, & dans leſquelles la plus petite erreur devient une grande faute.

L'eau qui ceſſant d'être glace, commence à être liqueur, & que l'on expoſe à l'action du feu dans un vaiſſeau où l'air extérieur a un libre accès, s'échauffe & ſe dilate peu à peu, juſqu'à ce qu'elle bouille ; après quoi elle ceſſe de ſe dilater & de s'échauffer, quoique l'on continue ou que l'on augmente même la violence du feu : mais comme elle bout plus ou moins facilement, ſelon que ſa ſurface eſt plus ou moins libre de ſe ſoulever, il peut arriver qu'elle ſoit dilatée autant qu'elle peut l'être, avant qu'elle ait reçu toute la chaleur qu'elle pourroit prendre ; ou bien elle peut être gênée de façon qu'en ſe dilatant moins que de coutume, elle s'échauffe cependant beaucoup davantage.

Les Expériences ſuivantes ſerviront & d'explications & de preuves à ces propoſitions.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut choiſir un matras dont le col ait environ 15 pouces de longueur, & 12 ou 14 lignes de diametre intérieurement, le placer dans une cuvette remplie de neige ou de glace pilée, & à côté de lui un vaiſſeau de verre ou de métal fort mince, plein d'eau, qu'on laiſſe refroidir pendant quelques heures. *Voyez la Fig.* 1. Prenez enſuite de cette eau refroidie avec un chalumeau de verre, renflé au milieu, & que vous n'emplirez jamais que juſqu'au fil *A*. Faites enſorte qu'une telle meſure vuidée 25 fois dans le matras le rempliſſe à peu près juſqu'à la naiſſance du col; alors vous y plongerez un petit thermometre de mercure, gradué avec des fils ſur ſon propre tube, & que vous arrêterez dans le col du matras, par le moyen de deux petites rondelles de liege, taillées en roſettes, afin

qu'elles ne bouchent point entiérement & qu'elles laissent un libre accès à l'air extérieur.

Tout étant ainsi disposé, marquez avec un fil sur le col du matras, l'endroit où se terminent les 25 premieres mesures d'eau, & continuez d'en mettre encore 2 ou 3, dont chacune sera marquée par un fil; puis vous les ôterez en inclinant le vaisseau, ou avec un chalumeau, de sorte qu'il n'en reste que 25.

Il faut avoir un bain de sable qu'on puisse échauffer avec un réchaud plein de charbons allumés, & dans lequel on puisse placer le matras.

Enfin il faut encore que ce matras placé dans son bain de sable, puisse répondre au récipient d'une machine pneumatique, par le moyen d'un siphon, comme on le peut voir par la *Fig.* 2.

Effets.

1° Lorsqu'on a transporté le matras de la cuvette pleine de glace dans le bain de sable, & qu'on l'a chauffé jusqu'à ce que l'eau commence à bouillir, alors le thermometre mar-

que 212, s'il eſt gradué comme ceux de Fahrenheit, ou de Preins, & le vaiſſeau ſe trouve plein juſqu'au ſecond fil, comme il l'étoit quand il y avoit 26 meſures d'eau froide. XII. LEÇON.

2° Quoique l'on continue de chauffer le bain de ſable, l'eau ne s'éleve pas davantage dans le matras; & la liqueur du thermometre, reſtant toujours à la même élévation, marque évidemment que le degré de chaleur eſt toujours le même.

3° Si, lorſqu'on fait chauffer l'eau, au lieu de laiſſer le matras ouvert & communiquant avec l'air extérieur, on adapte ſon orifice au ſiphon, comme on le voit par la *Fig.* 2, & qu'en faiſant agir la pompe, on raréfie d'abord le plus qu'il eſt poſſible, l'air qui eſt dans ces vaiſſeaux, & qui s'étend juſqu'à la ſurface de l'eau contenue dans le matras, à peine le thermometre eſt-il monté au 64e degré, ce qui marque une chaleur bien médiocre, (*a*) que l'eau commence à bouillir fortement.

(*a*) Ce degré de chaleur répond au ſeizieme du thermometre de M. de Reaumur; c'eſt un peu plus que la température moyenne de l'athmoſphere dans le climat de Paris.

XII. LEÇON.

4° Si l'air eſt moins raréfié, l'eau bout plus tard, c'eſt-à-dire, qu'il faut qu'elle ait acquis une plus grande chaleur que dans le cas précédent; & le retardement de l'ébullition augmente comme la denſité de l'air qui agit ſur la ſurface de l'eau.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

B C, *Fig.* 3, eſt une boîte cylindrique de métal, qui a par-tout environ 8 lignes d'épaiſſeur, & dont le couvercle également épais, s'applique par le moyen d'une groſſe vis *D*, & d'une bride ou étrier très-ſolide, de fer forgé. Il faut mettre pluſieurs anneaux de papier mouillé entre les parties qui ſe joignent, afin que le vaiſſeau demeure exactement fermé. *E F* eſt une eſpece de réchaud, ou de fourneau de taule forte, dans lequel on met de la braiſe ou du charbon allumé, pour échauffer le vaiſſeau *B C*, que l'on place dedans, ſur untrépied qui le tient élevé de quelques pouces au-deſſus du feu.

EFFETS.

EFFETS.

Si l'on emplit d'eau cette eſpece de marmite, à peu près juſqu'aux trois quarts de ſa capacité, & qu'on y renferme des os les plus épais & les plus durs, après lui avoir donné un degré de chaleur capable d'évaporer ſubitement une goutte d'eau qu'on jette deſſus, on trouve les os blanchis, amollis, de maniere qu'on les écraſe facilement ſous les doigts, comme s'ils avoient été calcinés; & ſi l'on emploie des os de veau, avec un peu de corne de cerf, & un degré de feu beaucoup moindre, l'eau étant refroidie, a la même conſiſtance & le même goût qu'une gelée de viande.

Si l'on y a mis des morceaux de Chêne, de Hêtre, d'Orme, &c. on les retire ſemblables à du bois mort, qui auroit été long-temps expoſé à l'air & à la pluie; & l'eau dont ils ont été pénétrés, annonce par ſa couleur, par ſon odeur & par ſon goût, qu'elle en a extrait les huiles, les ſels & les ſoufres qui ſervoient à lier les fibres.

EXPLICATIONS.

Quand on fait chauffer de l'eau

XII. LEÇON.
dans un vaſe ouvert, le feu qui s'inſinue entre les parties du liquide, qui tend à les écarter & à les diviſer, fait un effort continuel pour dilater la maſſe & en augmenter le volume ; les parois & le fond du vaſe d'une part, & de l'autre le poids de l'athmoſphere qui preſſe la ſurface, ſont autant d'obſtacles qui s'oppoſent à cet effet ; mais comme l'air peſe autant autour du vaſe que deſſus, l'eau s'y trouve doublement contenue, tandis qu'à ſa ſurface il n'y a que la preſſion de l'athmoſphere à vaincre : ainſi à meſure qu'elle ſe dilate, elle s'éleve peu à peu, juſqu'à ce qu'enfin les pores étant ſuffiſamment ouverts, la matiere du feu paſſe librement à travers de la maſſe, & n'en ſouleve plus que certaines parties les plus expoſées à ſon choc, & qui retombent auſſi-tôt, ce qui fait l'ébullition.

Mais ſi le poids ou le reſſort de l'air ne preſſe plus, ou qu'il preſſe moins la ſurface de l'eau, le feu avec un moindre effort peut la ſoulever, paſſer librement, & la faire bouillir : c'eſt donc pour cela qu'on a vu l'eau du matras s'élever en gros bouillons,

quoiqu'elle fût à peine tiede ; car alors l'air qu'on avoit extrêmement raréfié, n'étoit plus en état de la contenir aussi long-temps contre l'action du feu. XII. Leçon.

Par la raison du contraire, lorsque l'eau est enfermée de toutes parts dans un vaisseau bien solide, comme celui de la troisieme Expérience, le feuqui ne peut la soulever, pour se faire un passage libre, s'amasse en plus grande quantité ; & le liquide qui tend à se dilater & à s'étendre, avec une force proportionnée à cette résistance, pénetre tout ce qui est enfermé avec lui ; & les os dilatés eux-mêmes par un grand degré de chaleur, en deviennent plus pénétrables ; l'eau s'insinue donc dans leurs pores, & en enleve tous les sucs qui lient les parties, de sorte qu'après cette extraction, les lames osseuses & leurs parties se désunissent au moindre effort.

Quand on fait ainsi chauffer l'eau dans un vaisseau fermé exactement, il faut bien prendre garde de l'exposer à un feu trop violent ; car une dilatation forcée pourroit faire tout cre-

ver, au grand danger de ceux qui se trouveroient présents ; c'est pour cela que je me sers d'une boîte de fonte qui a par-tout 8 lignes d'épaisseur, & que je ne lui donne qu'un degré de feu peu considérable.

Il faut remarquer aussi que l'amollissement des os, & les dissolutions qu'on peut faire par le moyen de cette machine, réussissent d'une maniere plus complette, & plus promptement, lorsqu'on fait agir le feu avec plus de vigueur : c'est-à-dire, que la même quantité de charbon allumé lentement, n'a pas autant d'effet que s'il étoit brûlé tout ensemble, & poussé avec plus de force ; apparemment parce qu'un feu lent a le loisir de s'évaporer en partie à travers le métal, ce qui diminue d'autant son action dans l'intérieur du vaisseau.

APPLICATIONS.

Puisqu'il faut moins de feu pour faire bouillir l'eau, lorsqu'elle est moins pressée par le poids ou par le ressort de l'air ; dès qu'on a eu cette connoissance, on a dû présumer qu'au sommet d'une montagne la chaleur

de l'eau bouillante ne devoit pas être aussi grande qu'elle le seroit dans un lieu moins élevé ; car la colonne d'air qui répond à l'ouverture du vase, étant plus courte, est aussi moins pesante. Cette présomption vérifiée par MM. de Thury & le Monnier, nous apprend que la chaleur de l'eau bouillante, qu'on regarde communément comme un terme fixe, ne l'est pourtant qu'à certaines conditions ; c'est pourquoi Fahrenheit, en construisant ses thermometres, ne manquoit pas d'avoir égard à la hauteur actuelle du barometre, & ne marquoit le terme de l'eau bouillante au 212e degré, que dans les lieux & dans les temps où le poids de l'athmosphere soutenoit 28 pouces de mercure, mesure du Rhin, ce qui revient à peu près à 27 pouces $\frac{1}{2}$ de France, hauteur moyenne du barometre ; j'en use de même à l'égard des thermometres de mercure, à qui je donne une marche fort étendue.

XII. LEÇON.

Il est probable que ce que nous venons d'observer ici à l'égard de l'eau, est commun à toutes les liqueurs : ainsi l'esprit-de-vin d'un thermome-

XII. LEÇON.

tre doit bouillir d'autant plutôt que le tube de l'inſtrument eſt purgé d'air plus parfaitement. Les premiers qui ont été conſtruits ſur les principes de M. de Reaumur, ne ſoutenoient pas la chaleur de l'eau bouillante, par cette raiſon; mais on peut leur donner cette propriété, en laiſſant un peu d'air dont le reſſort s'oppoſe à l'ébullition, lorſque la liqueur monte aux plus hauts degrés. Il faut alors que les verres ſoient un peu plus épais que de coutume, pour réſiſter à l'effort qui ſe fait intérieurement.

Cette eſpece de marmite dans laquelle nous avons fait amollir les os, eſt une invention que l'on doit à Papin, dont elle a toujours porté le nom; il fut le diſciple de M. Hughens à Paris, & enſuite à Londres celui de Boyle, ſous la direction duquel il fit une grande partie des expériences phyſico-méchaniques qu'on trouve dans les ouvrages de ce dernier Auteur. En publiant cette machine, ſon deſſein étoit d'introduire un moyen facile & de peu de dépenſe, pour extraire les ſucs de toutes les matieres, tant animales que vé-

gétales, & pour cuire ſans évaporation toutes les matieres qui ſervent d'aliments. On peut voir, dans un volume *in*-12 * qu'il fit imprimer en 1688, la deſcription de ce *digeſteur*, (c'eſt le nom qu'il lui donne) les corrections qu'il y fit en différents temps, & un grand nombre d'expériences fort curieuſes, d'où il réſulte qu'en peu de temps, & avec une petite quantité de charbon, on peut faire de fort bonne gelée, avec les os de bœuf & autres matieres dont on ne fait point uſage; qu'on peut cuire les viandes, le poiſſon & les fruits dans leur jus, leur conſerver leur ſuc & un meilleur goût; extraire les teintures de différentes matieres; amollir les bois durs & l'ivoire, de maniere qu'on puiſſe y imprimer des médailles, &c.

* *La maniere d'amollir les os, & de &c.*

Tous ces avantages, que perſonne n'a jamais conteſtés, & que les gens de l'art lui accordent même encore aujourd'hui, portent naturellement à demander pourquoi l'on néglige l'uſage de cette machine. C'eſt qu'il y a quelques difficultés à vaincre: il faut qu'avec une force ſuffiſante pour l'em-

XII. LEÇON.

pêcher de crever au feu, & avec sa capacité d'une marmite ordinaire, elle devienne assez simple pour être confiée aux soins d'un domestique, & d'un prix qui s'accorde avec les vues d'économie qui l'ont fait inventer.

UNE des principales propriétés de l'eau, & dont on voit le plus communément les effets, c'est de s'introduire dans presque tous les corps, & d'en dissoudre un très-grand nombre: à l'exception des matieres grasses, des résines, & de quelques concrétions ou compositions très-dures, comme sont les crystaux, le verre, &c. elle pénetre toutes les autres; il n'y a de différence que du plus au moins: l'énumération qu'on en pourroit faire occuperoit ici trop de place, & c'est un détail qui appartient plus à la chymie qu'à la physique: je me bornerai donc à quelques exemples qui m'ont paru plus remarquables que les autres, ou qui sont plus intéressants par l'usage qu'on en peut faire.

Les sels, & sur-tout ceux qu'on nomme *alkalis*, sont de toutes les matieres, celles qui se dissolvent en

plus

plus grande quantité ou plus vîte dans l'eau, & dont la ſolution offre les phénomenes les plus curieux : en voici deux des principaux, & qui me donneront occaſion d'en rapporter d'autres : premiérement, un ſel que l'on jette dans l'eau s'y diſſout en plus ou moins grande quantité, ſelon la nature dont il eſt, & le degré de chaleur de l'eau : ſecondement, il la refroidit communément.

IV. EXPÉRIENCE.

Préparation.

Que l'on peſe ſéparément une demi-livre de ſel marin, & autant de ſalpêtre raffiné, l'un & l'autre pulvériſé & bien ſéché ; qu'on en mette peu à peu dans deux vaſes qui contiennent chacun une livre d'eau diſtillée, & dont le degré de chaleur ſoit égal, juſqu'à ce qu'enfin ces deux portions d'eau ſoient raſſaſiées, l'une de ſel marin, l'autre de ſalpêtre, ce qui s'apperçoit lorſque les grains demeurent au fond ſans ſe diſſoudre ; & que l'on peſe les reſtants des deux ſels pour ſavoir duquel on a employé le plus.

XII. LEÇON.

EFFETS.

On trouve plus de ſalpêtre que de ſel marin ; & par conſéquent on voit que la même eau, à chaleur égale, diſſout plus du dernier que du premier.

V. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Si l'on met dans l'eau bouillante autant de ſel commun qu'elle en peut diſſoudre, & qu'on la laiſſe refroidir enſuite :

EFFETS.

A meſure que l'eau perd ſa chaleur, on voit une partie du ſel tomber au fond ; & ſi on la fait chauffer de nouveau, ce ſel diſparoît, & rentre dans l'eau.

EXPLICATIONS.

Chaque grain de ſel que nous voyons, eſt un aſſemblage de petits cryſtaux que nos yeux, aidés du meilleur microſcope, ne pourroient point appercevoir ſéparément les uns des

autres ; ces particules, lorſqu'elles ſont réunies, & qu'elles font maſſe, laiſſent entr'elles des petits intervalles dans leſquels l'eau s'inſinue, par la même cauſe apparemment, qui la fait entrer dans les tuyaux capillaires. Mais comme cette cauſe, telle qu'elle ſoit, eſt plus puiſſante que la force avec laquelle les parties du ſel ſont jointes enſemble, l'eau non-ſeulement ſe gliſſe entr'elles; mais elle les écarte & les ſépare les unes des autres : alors la maſſe qui étoit viſible diſparoît, & ſes parties déſunies flottent dans le diſſolvant.

Ces particules ſalines, auſſi fines peut-être que celles d'un fluide, enfilent à leur tour les pores de l'eau, & ſe diſtribuent uniformément dans toute la maſſe, dans laquelle, malgré leur excès de peſanteur, elles demeurent ſuſpendues par le frottement, ou par la même cauſe qui les a fait monter. Une preuve que le ſel diſſout ſe loge dans les pores de l'eau, c'eſt que les deux volumes ſe confondent; c'eſt-à-dire, qu'on peut faire fondre dans l'eau une certaine quantité de ſel, ſans que le vaſe qui la contient en

XII. LEÇON.

ſoit plus plein : il faut donc que les parties de celui-ci n'occupent dans le fluide que des places qui étoient vuides, ou remplies d'une matiere qui n'étoit point de l'eau.

Les parties du ſel s'uniſſant à celles de l'eau, en augmentent la grandeur, & en changent la figure : ces deux cauſes, dont une pourroit ſuffire, rendent le diſſolvant moins propre à entamer de nouvelles maſſes ; & c'eſt par cette raiſon ſans doute que l'eau ne peut diſſoudre qu'une certaine quantité de ſel.

Mais comme la chaleur augmente la fluidité de l'eau, ſa poroſité & celle du ſel, la diſſolution qui dépend beaucoup de ces conditions, devient plus prompte & plus complette avec l'eau bouillante qu'avec toute autre ; & lorſque le froid vient à reſſerrer les pores, les parties de ſel qui n'y trouvent plus de place, ſe raſſemblent & tombent au fond du vaiſſeau.

Comme la diſſolution dépend encore d'une certaine proportion de grandeurs & de figures entre les parties du diſſolvant, & les pores du

corps diſſoluble, & que les ſels dont les parties different ſuivant l'eſpece, doivent par cette raiſon avoir des pores fort différents les uns des autres, l'eau ne doit point avoir priſe également ſur tous. Voilà pourquoi peut-être elle diſſout, par exemple, plus de ſel marin que de ſalpêtre. XII. LEÇON.

On peut croire que toutes les parties de l'eau ne ſont point d'une grandeur égale, que ſa poroſité par conſéquent n'eſt point uniforme, & qu'il y a dans ſa maſſe des interſtices plus ouverts les uns que les autres ; il eſt très-probable auſſi que certains ſels ont des parties aſſez déliées pour remplir juſqu'aux plus petits pores de l'eau, tandis que d'autres, en ſe diſſolvant, ne peuvent ſe loger que dans les plus grands : delà il doit s'enſuivre que l'eau chargée d'un ſel, autant que l'analogie ou la proportion des parties le permet, ſoit encore en état d'en diſſoudre quelqu'autre ; auſſi voit-on, par exemple, l'eau raſſaſiée de nitre diſſoudre encore un peu de ſel marin.



XII. LEÇON.

VI. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Dans une chopine ou une livre d'eau bien pure & bien fraîche, il faut mêler 4 ou 5 onces de ſel armoniac pulvériſé.

EFFETS.

A meſure que le ſel ſe diſſout, l'eau ſe refroidit conſidérablement ; ce qu'il eſt facile d'appercevoir, non-ſeulement au tact, mais encore mieux par le moyen d'un thermometre que l'on tient dans le mêlange, & dont on voit baiſſer la liqueur de 11 à 12 degrés.

EXPLICATIONS.

Le ſel armoniac vient d'Egypte : on le tire de la ſuie des cheminées où l'on a brûlé des excréments d'animaux mêlés avec de la paille. M. Geofroy qui nous en a appris l'origine, nous a auſſi donné les moyens d'en faire artificiellement, & de nous paſſer à cet égard du commerce étranger.* M. ſon frere, en éprouvant les

* *Mém. de l'Ac.*

différents degrés de froid ou de chaud que le mêlange des ſels peut faire prendre à l'eau *, remarqua, comme avoit fait Boyle avant lui, que de tous ceux qui la refroidiſſent, il n'y en a point qui aient autant d'effet que le ſel armoniac; que ce refroidiſſement peut aller juſqu'à faire glacer, non-pas l'eau même qui eſt chargée de ſel, mais toute eau pure qui touche le vaſe où eſt le mêlange.

XII. LEÇON. *des Sc.* 1720, *p.* 189.

* *Mémoires de l'Ac. des Sc.* 1700, *p.* 110.

Ce ſavant Chymiſte attribue ces ſortes d'effets au repos des parties, en ſuppoſant, ſelon l'opinion qui étoit la plus commune alors, que la chaleur dans les corps n'eſt autre choſe que le mouvement inteſtin des petites maſſes qui les compoſent. » Ayant établi, dit-» il *, (avec tous les Phyſiciens) que » le froid n'eſt que la diminution du » mouvement, je dis que le refroi-» diſſement que les ſels apportent à » l'eau, me paroît venir de ce que les » parties ſalines étant ſans mouve-» ment, & partageant celui de la li-» queur, le diminuent d'autant, ce » qui produit le refroidiſſement plus » ou moins grand de cette même li-» queur. « Et pour expliquer en par-

* *Ibid. p.* 114.

XII. LEÇON. ticulier pourquoi le ſel armoniac refroidit l'eau plus qu'aucun autre, il ajoute * : » Le ſel armoniac eſt, (comme l'on ſait) un compoſé de ſel » marin & de ſel d'urine ; l'un très-» aiſé, l'autre très-difficile à diſſou-» dre. Les parties du ſel marin étant » comme empriſonnées entre les par-» ties du ſel d'urine, il arrivera que » beaucoup de parties d'eau pénétrant » d'abord très-promptement les parti-» cules ſalines de l'urine, y perdront » auſſi-tôt beaucoup de leur mouve-» ment ; & ce mouvement s'affoibli-» ra d'autant plus que ces parties » d'eau rencontreront enſuite des par-» ties ſalines d'une autre nature, & » dont la réſiſtance eſt beaucoup plus » conſidérable que celle des ſels de » l'urine ; ainſi dans les premiers inſ-» tants de la diſſolution, le mouve-» ment d'une grande quantité de par-» ticules aqueuſes ſe trouvant rallenti » tout d'un coup très-conſidéra-» blement par les ſels de l'urine, & » par le ſel marin, excitera dans ces » premiers moments un froid bien plus » grand que le froid des autres diſſo-» lutions des ſels, que l'eau ne pé-» netre pas ſi promptement. «

* Ibid. p. 115.

Ces explications ſont intelligibles ; elles n'emploient que des cauſes méchaniques dont on entrevoit au moins la poſſibilité ; mais elles ſuppoſent un principe que j'ai peine à admettre, & ſur lequel j'ai déjà dit ma penſée ailleurs * ; rien ne m'engage à croire que les liquides comme tels aient un mouvement de parties autre que celui qui ſe trouve dans tous les corps indifféremment, par leur degré de chaleur actuel. Je ne vois donc pas bien pourquoi les parties de ſel ſeroient ſans mouvement, ni pourquoi elles diminueroient celui de l'eau en le partageant. Mais ne pourroit-on pas dire, que par la pénétration réciproque de l'eau dans le ſel, & des parties ſalines dans les pores de l'eau, la matiere du feu eſt expulſée pour quelque temps, ce qui doit rallentir cette eſpece de mouvement en quoi conſiſte la chaleur, & qui dépend d'elle pour naître & pour ſubſiſter? Ce qui ſemble autoriſer cette conjecture, c'eſt qu'il y a certaines fermentations froides qui exhalent des vapeurs chaudes, & qui ſemblent indiquer par cet effet, que le feu

* *Tome II. page 442.*

XII. Leçon.

chaſſé avec violence des matieres qui ſe pénetrent mutuellement, emporte avec lui les parties les plus ſubtiles de ces mêmes matieres.

APPLICATIONS.

Quelques Auteurs attentifs aux cauſes finales, & occupés du déſir de les faire connoître, conſidérant que la mer eſt ſalée par-tout, & qu'elle l'eſt davantage dans les pays chauds que dans ceux qui ſont plus froids, prétendent que ſans cette précaution, l'Océan n'eût été qu'un grand cloaque d'eaux corrompues, inhabitable pour tout être animé, & inacceſſible aux hommes. » La divine Providence, diſent-ils, qui veille à la conſervation » de toutes choſes, ayant donné au » ſel la propriété d'empêcher la cor» ruption, en a mis dans les eaux de » la mer pour les conſerver ſaines; & » proportionnant le remede aux be» ſoins, elle a employé ce minéral en » plus forte doſe dans les climats où » l'eau eſt plus en danger de ſe cor» rompre, par la chaleur qui y re» gne. «

Il eſt certain que Dieu a tout fait

pour le mieux ; & par mille exemples frappants qui se présentent d'eux-mêmes, & que nous ne saurions voir avec assez d'admiration & de reconnoissance, nous sommes convaincus que sa sagesse a établi les moyens les plus simples & les plus surs, pour conserver ce bel ordre qui regne dans ses œuvres, & d'où dépend notre bien-être : mais par-tout où ses desseins ne se montrent point d'eux-mêmes, je crains toujours de me tromper en essayant de les deviner, & de prêter à l'Auteur de la nature des intentions qu'il n'a point eues, & que la nature même démente lorsqu'elle sera mieux observée. Si le sel a été mis dans la mer par une main qui ne se trompe jamais, comme un préservatif nécessaire pour empêcher la corruption, pourquoi l'eau de la mer se corrompt-elle comme d'autres quand on la garde dans des vaisseaux fermés ? Pourquoi les grands lacs, & toutes les eaux douces, même des pays chauds, ne deviennent-ils pas des cloaques infectes ? Enfin s'il falloit absolument que l'eau de la mer fût incorruptible, pour être en état de faire vivre des

XII. LEÇON.

êtres animés, pourquoi les eaux croupies fourmillent-elles d'animaux ? Etoit-il plus difficile de créer des poiſſons qui puſſent vivre, comme la plûpart de nos reptiles, dans une eau corrompue, que d'en faire naître qui s'accommodaſſent d'une eau ſalée où tous les autres périſſent ? Je m'en tiens donc au fait, & je vois que ſelon le réſultat de la cinquieme expérience, la mer doit être plus ſalée, (comme elle l'eſt en effet) dans les climats chauds que dans le Nord, puiſque l'eau tient d'autant plus de ſel en fuſion, qu'elle eſt plus chaude. Ce n'eſt pas qu'on ne trouve quelquefois, ſur-tout près des côtes, à l'embouchure des rivieres, & dans les courants, l'eau de la mer plus douce dans un pays chaud, qu'elle ne l'eſt communément dans un climat plus froid : mais ce ſont des cas particuliers qui ont auſſi leurs cauſes à part ; & il s'agit ici du général.

Il n'eſt pas douteux que le goût ſalé qu'on trouve à l'eau de la mer, ne vienne du ſel qu'elle contient ; on l'en ſépare tous les jours par évaporation dans les marais ſalants qui ſont ſur les côtes d'Aunis, de Breta-

gne, &c. pour être diſtribué enſuite dans les gabelles du Royaume ; & par les expériences de M. le Comte de Marſilli, de MM. Halley, Hales, &c. quoique les réſultats ne ſoient pas tout-à-fait les mêmes, il paroît qu'il y a par livre d'eau environ 4 gros de ſel ; c'eſt-à-dire, $\frac{1}{32}$ du poids. Mais on voudroit ſavoir comment ce ſel ſe trouve dans l'eau de la mer, & comment il s'y entretient toujours à peu près en même quantité ; ces deux queſtions n'ont encore fait naître que des conjectures.

L'opinion la plus commune ſuppoſe qu'il y a dans le lit de la mer des mines de ſel comme on en trouve en divers autres endroits de la terre ; que l'eau qui les baigne continuellement s'en charge peu à peu, & que le mouvement diſtribue cette ſalure uniformément dans toute la maſſe des eaux. Cette ſuppoſition n'a rien qui choque au premier aſpect ; elle eſt appuyée ſur des exemples, & ce n'eſt pas la détruire que de dire : » Jamais la ſonde dont on ſe ſert pour connoître » les différents fonds de la mer, n'a » montré l'exiſtence de ces préten-

XII. LEÇON.

» dues mines de ſel; « car la ſonde ne va point par-tout ; & quand elle y iroit, ces lits de ſel peuvent être auſſi durs qu'une infinité d'autres corps qu'elle n'entame point, & dont elle n'apporte jamais d'échantillons. Mais ce qui ſouffre plus de difficulté, c'eſt de ſavoir pourquoi de ces mines que la mer couvre & frotte continuellement, il ne s'en diſſout que 4 gros par livre d'eau, tandis qu'on ſait d'ailleurs que cette eau même en peut diſſoudre beaucoup plus : Quelle eſt donc la cauſe qui arrête les progrès de cette diſſolution?

Dira-t-on qu'elle continue toujours pour remplacer le ſel qu'on tire de la mer?

Un remplacement ſi précis, que la ſalure ſoit toujours égale, à peu de choſe près, paroît ſuſpect; on ne tire point du ſel de la mer dans toutes les ſaiſons, & cependant la ſalure eſt toujours la même.

Vaudroit-il donc mieux dire que ces mines ſont épuiſées dès les premiers temps de la création, & que la mer ne diſſout plus de nouveau ſel, parce qu'elle n'en trouve plus à diſ-

ſoudre ? Mais comment remplacer alors celui qu'on en tire chaque année, pour rendre raiſon d'une ſalure qui paroît être égale ?

J'avoue que cette opinion a bien ſes difficultés auſſi : mais cependant s'il falloit prendre parti pour quelqu'une, ce ſeroit à celle-ci que je donnerois la préférence. Quant au remplacement du ſel, je trouve un moyen de le faire, en conſidérant que celui qu'on extrait de la mer, & qui s'emploie, ſoit dans nos aliments, ſoit à d'autres uſages, ne s'anéantit point; qu'il n'eſt que diſperſé; qu'étant fixe, comme on ſait qu'il l'eſt, il ne peut que ſe répandre à la ſurface de la terre, ou s'y enfoncer peu profondément. Les eaux douces doivent néceſſairement s'en charger; & comme elles vont toutes à la mer, ce ſel qui en étoit ſorti y rentre continuellement : en un mot, il faut admettre cette circulation, ou ſuppoſer que tout le ſel qui ſort de la mer reſte en terre, & augmente la maſſe du continent. Mais quand on fait attention à la prodigieuſe quantité de ſel qui ſe conſume depuis tant de ſiecles, &

XII. LEÇON.

à l'inſipidité de la terre, cette derniere ſuppoſition perd toute vraiſemblance.

Il eſt vrai que les eaux qui retournent à la mer, paroiſſent inſipides auſſi ; mais ce qu'elles contiennent de ſel, ne peut venir que de la conſommation courante, ce qui eſt bien peu de choſe en comparaiſon de la quantité qui devroit ſe trouver dans la terre, ſi tout y reſtoit. Leur inſipidité même n'en eſt point une abſolument ; les perſonnes qui ont le goût délicat, ſavent bien faire la différence des eaux qu'ils boivent : les eaux courantes deviennent preſque toutes laiteuſes ou troubles, quand on les éprouve avec la diſſolution d'argent ; & tout le monde trouve l'eau diſtillée ſenſiblement plus fade que celle qui ne l'eſt pas ; ce ſont autant de raiſons pour croire que l'eau commune, que nous appellons *douce*, ne l'eſt que par comparaiſon à l'eau de la mer, qui eſt beaucoup plus ſalée qu'elle.

Pour ne rien diſſimuler ici de ce qu'on peut objecter contre l'opinion que je défends, je dois obſerver que tout le ſel qui ſe conſume ne vient

point

point de la mer ; on en tire beaucoup des mines d'Eſpagne, de Pologne, &c. des puits ſalés de Franche-Comté, du Languedoc, &c. dont on ſait que les ſources ne viennent point de la mer : ſi les eaux courantes rapportent le ſel à la mer, ces ſels foſſiles qui lui ſont étrangers devroient augmenter ſa ſalure ; ainſi la raiſon que j'ai donnée pour faire voir que le ſel de la mer ne doit pas diminuer, ſemble en être une pour croire qu'il doit augmenter, ce qui eſt également contredit par les obſervations.

Cette difficulté eſt fort grande, & je ſens bien qu'elle pourroit devenir encore plus ſpécieuſe, ſi elle ſe préſentoit avec un certain appareil de calculs dont elle eſt ſuſceptible ; mais on doit faire attention que tout le ſel qui ſort de la mer n'y rentre pas ſans déchet, parce que la nature en emploie une quantité aſſez conſidérable à la nutrition des animaux, à la végétation des plantes, & généralement à la formation & à l'accroiſſement de tout ce qui augmente en maſſe & en volume, & qu'il en reſte auſſi dans la terre pour y entretenir les mi-

XII. LEÇON.

nes de cette eſpece, ou pour en former de nouvelles : ainſi la mer reprend à peu près la même quantité de ſel qu'on en tire, parce que les eaux courantes y font rentrer une partie de celui qu'on fait dans les marais ſalants, & une partie de celui qui vient des mines : par ce moyen la ſalure demeure toujours égale, non à la rigueur, mais avec des plus & des moins dont ce ſyſtême ne peut guere ſe paſſer, & qui ſe trouvent heureuſement d'accord avec les expériences qui ont été faites en différents temps.

Les ſels ſe mêlent aſſez facilement avec les matieres graſſes auxquelles l'eau ne s'unit qu'avec beaucoup de peine ; c'eſt pour cela que les leſſives enlevent ſi bien la craſſe du linge & les parties huileuſes qui ont pénétré les étoffes ; car les molécules de l'eau armées, pour ainſi dire, des parties ſalines & aiguës de la cendre, entament & détachent ſa graiſſe, ſur laquelle elles ne feroient que gliſſer, ſi elles étoient ſeules ; & comme le bois flotté, ou qui a été trop longtemps dans l'eau, ſe trouve dépouillé d'une grande partie de ſon ſel, ſa

cendre ne vaut rien pour les leſſives, & l'on a raiſon de lui préférer celle du bois neuf. XII. LEÇON.

L'union de l'eau avec les matieres graſſes ſe fait encore bien plus facilement, lorſque le ſel qui ſert d'intermede ſe trouve déjà uni avec quelque huile ; c'eſt pourquoi l'on fait, pour blanchir le linge, une eſpece de pâte qu'on nomme *ſavon*, & qui eſt principalement compoſée d'huile, de ſuif, & de quelque matiere ſaline, comme la ſoude d'Alicante, la chaux vive, ou la cendre de chêne.

Il y a des eaux qui ſont naturellement ſavoneuſes par la nature du terrein où elles coulent, & qui, par cette raiſon, ſont plus propres que d'autres à certains uſages ; on croit communément, par exemple, que la petite riviere des Gobelins contribue beaucoup, par la qualité de ſes eaux, à la beauté des teintures qu'on admire dans les ouvrages de cette célebre manufacture : mais on exagere ſouvent ces ſortes de propriétés, en attribuant à la nature d'un pays un mérite qu'on voit avec jalouſie tourner au profit de ceux qui y cultivent cer-

tains arts avec diſtinction. (*a*)

XII. LEÇON. Le déſir de boire frais pendant les chaleurs, nous fait faire des proviſions de glace qui ſe conſerve d'une année à l'autre dans des eſpeces de caves fermées de toutes parts, & impénétrables aux rayons du ſoleil; mais il y a des temps & des lieux où l'on n'a point cette commodité, ſoit parce qu'il n'y fait point aſſez froid pour convertir l'eau en glace, ſoit parce qu'on manque de glaciere pour la ſerrer. La ſixieme expérience nous fournit un moyen d'y ſuppléer : il n'y a guere d'endroits où il n'y ait un puits ou quelque ſouterrein qui ait 25 ou 30 pieds de profondeur. A une telle diſtance de l'air extérieur, j'ai éprouvé pluſieurs fois avec un thermometre, que la température, dans toutes les ſaiſons de l'année, eſt à peu près de 8 ou 10 degrés au-deſſus du terme de la congélation; ſi l'on y deſcend

(*a*) Par ce correctif je ne prétends point dire qu'il n'y ait dans certains terreins, ou dans certaines eaux, des propriétés qui les diſtinguent : il y a mille exemples qui le prouvent; mais je combats ſeulement l'abus que l'on fait de cette connoiſſance, en attribuant ſouvent à la nature ce qui eſt dû à l'art ou à l'induſtrie.

du ſel armoniac dans un vaiſſeau bien fermé, & de l'eau dans une bouteille ; que l'on retire l'une & l'autre une heure après, pour mêler enſemble une partie de ſel contre quatre d'eau ; ce mêlange deviendra plus froid que la glace, & l'on y pourra faire également rafraîchir ſa boiſſon. J'avoue que cette maniere de ſuppléer à la glace eſt un peu chere ; car le ſel armoniac vaut à peu près 35 ſols la livre ; mais on le retire avec très-peu de déchet, en faiſant évaporer l'eau par le feu, ou autrement, & il eſt également bon pour le même uſage. Voyez, dans le volume de l'Académie des Sciences pour l'année 1756, un mémoire, que j'ai donné *ſur la maniere de ſuppléer à l'uſage de la glace.*

On peut encore, (mais ceci n'eſt que de pure curioſité,) par la ſolution du ſel armoniac, parvenir à un refroidiſſement capable de glacer de l'eau pure. Voici comment il faut procéder à cet effet. Prenez de l'eau la plus fraîche que vous pourrez avoir, du ſel armoniac pulvériſé qui ſoit rafraîchi de même ; & placez-vous pour cette opération dans un lieu où il regne le

XII. LEÇON.

moins de chaleur qu'il ſera poſſible : faites un premier mêlange ſelon la doſe marquée ci-deſſus, & en telle quantité que vous y puiſſiez faire refroidir dans deux vaiſſeaux ſéparés, environ 8 onces d'eau d'une part, & de l'autre 2 onces de ſel armoniac en poudre, dont vous ferez enſuite un ſecond mêlange ; ſi vous y plongez pendant quelques minutes un petit tube de verre fort mince & rempli d'eau pure, vous le retirerez tout glacé ; cela vous réuſſira de même dans le premier mêlange, ſi la ſaiſon vous permet d'avoir de l'eau qui n'ait que 5 à 6 degrés au-deſſus du terme de la congélation.

S'il ſe trouvoit donc quelques couches, ou quelques veines de terre, où il y eût une matiere de la nature du ſel armoniac, ou du nitre qui a la même propriété, l'eau qui y paſſeroit, & qui la mettroit en diſſolution, ne ſe geleroit pas, mais elle pourroit faire geler l'eau des environs, dans un temps même où il ne geleroit point ailleurs. C'eſt ainſi qu'on avoit expliqué certaines merveilles qu'on débitoit touchant la grotte de Beſançon ; mais M.

de Coſſini qui l'a examinée depuis avec toute l'attention dont on ſait qu'il eſt capable, & avec le ſeul déſir de découvrir la vérité, n'y a rien vu d'auſſi extraordinaire qu'on l'avoit dit. L'explication dont on avoit fait les frais ne ſera pas perdue pour cela; on dit qu'il ſe fait ſouvent dans les Indes des congélations qui reſſemblent beaucoup à celles qu'on racontoit de la grotte de Beſançon; peut-être que dans la quantité il s'en trouvera quelqu'une de réelle: en tout cas c'eſt un phénomene expliqué par avance; car s'il n'eſt pas, il eſt poſſible qu'il ſoit.

II. SECTION.

De l'Eau conſidérée dans l'état de vapeur.

LOrſqu'un vaſe contient de l'eau plus chaude que l'air qui l'environne, le feu qui s'en exhale emporte avec lui les parties de la ſurface qui ſe trouvent expoſées à ſon choc; ces petites maſſes ainſi détachées s'élevent ou s'étendent, tant par l'impulſion

XII. LEÇON.

qu'elles ont reçues, que par la ſuccion de l'air qui fait l'office d'une éponge: & elles forment cette eſpece de fumée qu'on nomme *vapeur*, & qui eſt d'autant plus épaiſſe qu'elle eſt reçue dans un air plus froid & plus capable de la condenſer. C'eſt ainſi que nous voyons fumer l'hiver, l'eau fraîchement tirée d'un puits; l'été nous n'appercevons pas le même effet; car lorſque la chaleur de l'athmoſphere eſt plus grande que celle du puits, le feu, bien loin de s'exhaler de l'eau, y entre au contraire; & quand il s'en éleveroit quelque vapeur, la chaleur qui regne dans l'air ne feroit que la ſubtiliſer & la dérober à la vue.

Ce qui prouve bien que le départ des vapeurs eſt cauſé par l'impulſion du feu qui s'exhale, c'eſt qu'elles ſuivent, en partant de la maſſe, la même route que lui; car on ſait qu'un corps chaud qui ſe refroidit dans l'air, tranſmet ſa chaleur de toutes parts; & s'il eſt couvert d'un linge mouillé, la vapeur qu'il fait naître, s'étend auſſi dans toutes ſortes de directions.

La vapeur de l'eau n'eſt point une liqueur, c'eſt un fluide qui a quelques

ques propriétés particulieres, & très-remarquables. Elle n'eſt pas ſenſiblement plus chaude que l'eau d'où elle ſort, lorſqu'elle paſſe librement dans l'air de l'athmoſphere ; mais quand elle eſt retenue dans un vaiſſeau fermé de toutes parts, elle reçoit, comme l'eau, des degrés de chaleur, dont on n'a point encore oſé eſſayer de trouver les bornes, à cauſe du danger auquel on s'expoſe en faiſant ces ſortes d'expériences. On ſait déjà cependant que l'eau, ou ſa vapeur, miſe à l'épreuve du feu dans la marmite de Papin, devient aſſez chaude, pour fondre l'étain & le plomb, ce qui a fait dire à d'habiles Phyſiciens * que l'eau ſeroit peut-être capable de devenir auſſi ardente que le cuivre ou le fer fondu.

XII. LEÇON.

Mais ce qu'on admire le plus dans la vapeur de l'eau, c'eſt ſa prodigieuſe dilatabilité qui ſurpaſſe incomparablement celle de l'air, & celle de l'eau ; car nous avons fait voir précédemment que celle-ci ne ſe dilate que d'$\frac{1}{26}$ depuis le moment où elle ceſſe d'être glace, jusqu'à celui où elle commence à bouillir, & nous avons

* *Boerhaave, Elem. Chem. part. II. pag. 321. Muſch. Eſſ. de Phyſ. p. 434.*

XII. LEÇON.

prouvé dans la dixieme Leçon que, pour augmenter de deux tiers le volume de l'air, il falloit une chaleur capable d'amollir le verre ; mais l'expérience qui suit, prouvera qu'avec une chaleur bien moindre, l'eau réduite en vapeur, prend un volume 13000 ou 14000 fois plus grand.

VII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut faire choix d'une boule creuse de verre fort mince, garnie d'un tube, à peu près comme les verres des thermometres ordinaires ; y faire entrer une goutte d'eau, dont le volume par estimation, soit à celui de la boule, à peu près dans le rapport de 1 à 14000, ce qu'on trouve aisément par la comparaison des diametres. Il faut ensuite chauffer fortement cette boule, en la tournant doucement au-dessus d'un réchaud ardent, pour réduire la goutte d'eau en vapeur, & tremper promptement le bout du tube dans un verre plein d'eau, que l'on aura purgée d'air. *Voyez les Fig. 4 & 5.*

Effets.

Quelques inſtants après cette immerſion, l'eau monte précipitamment, & remplit preſqu'entiérement la boule.

Explications.

La goutte d'eau qui ſe dilate par l'action du feu, & qui s'étend en vapeur, chaſſe l'air qui eſt renfermé avec elle dans la boule; mais lorſqu'elle vient à ſe refroidir, & à reprendre ſon premier volume, la place qu'elle n'y occupe plus, devient un vuide, où le poids de l'athmoſphere qui peſe ſur la ſurface du vaſe *G*, *Fig.* 5, fait monter ſubitement autant d'eau, qu'il en eſt ſorti d'air.

Le volume d'eau qui s'éleve ainſi, indique donc celui de l'air qui a été chaſſé, & celui-ci étant connu, montre le volume de la vapeur à qui il a fait place; ſi l'eau qui monte occupe toute la boule, c'eſt une marque que cette boule avoit été remplie par la goutte d'eau rédutie en vapeur; & ſi la boule eſt 14000 fois plus groſſe que la goutte d'eau, il eſt évident que la va-

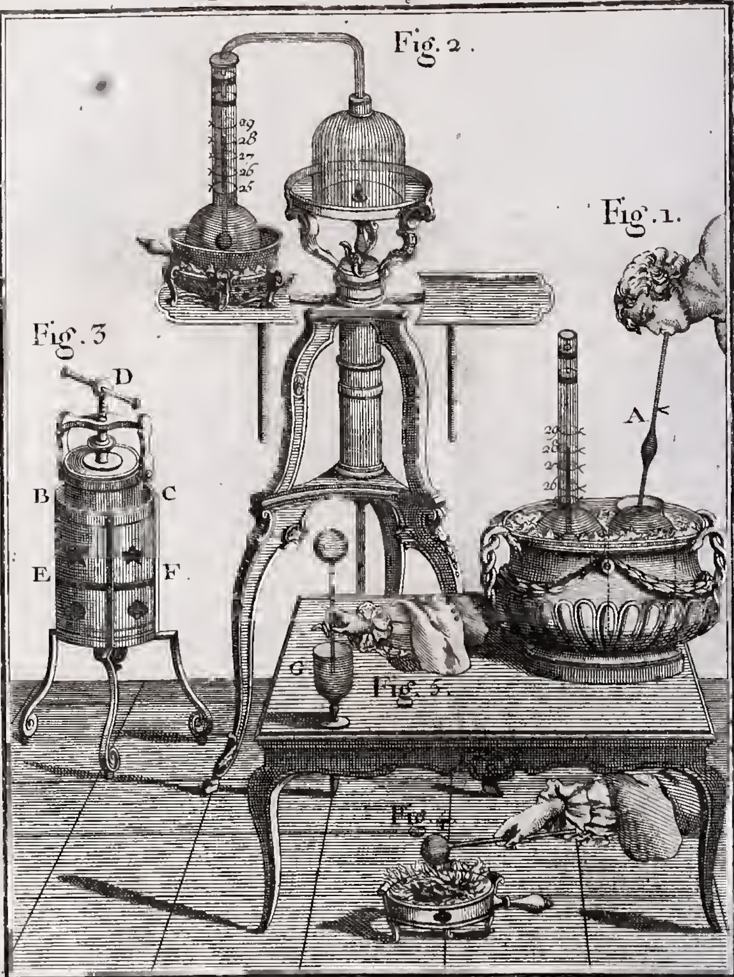
peur a pris un volume qui égaloit 14000 fois celui de la goutte.

Cette expérience feroit fort délicate, s'il s'agiffoit d'avoir exactement le rapport des volumes ; mais pour faire connoître que la vapeur de l'eau eft prodigieufement dilatable, un à-peu-près tel que celui-ci eft plus que fuffifant.

Je me fers d'eau purgée d'air, pour plonger le tube & pour avoir un volume d'eau qui exprime celui de l'air qui eft forti de la boule ; fans cette précaution, dès que l'eau entre dans la boule vuide, elle fe deffaifit de fon air, & ce fluide fe tenant toujours au-deffus d'elle, à caufe de fa légéreté, remplit lui-même une partie de la place, & empêche qu'il n'entre dans la boule autant d'eau qu'il en eft forti d'air, lorfque la vapeur s'eft dilatée.

APPLICATIONS.

En parlant de l'air dilaté par l'action du feu, & de l'ufage qu'on peut faire de ce principe, pour emplir des vaiffeaux dont l'orifice trop étroit ne permettroit pas qu'on fe fervît d'en-


Fig. 2.
29
28
27
26
25
Fig. 1.
Fig. 3
D
A
B
C
E
F
29
28
26
G
Fig. 5.
Fig. 4.

tonnoir, j'ai dit qu'on ne pourroit par ce moyen remplir qu'imparfaitement les verres des thermometres, & que dans tous les cas où il faudroit que de pareils vaiſſeaux fuſſent entiérement pleins, on devroit avoir recours à un autre expédient que j'ai promis de faire connoître; c'eſt préciſément celui par lequel j'ai fait ſortir tout l'air de la boule de verre, dans l'expérience précédente; car comme les vapeurs ſont plus dilatables que l'air, ſi l'on fait d'abord entrer quelques gouttes de la liqueur dans le verre, & qu'on les convertiſſe en vapeurs; ſi l'on plonge auſſi-tôt le tube dans l'eſprit de vin préparé, le verre du thermometre ſera bientôt plein. Car ce n'eſt pas ſeulement la vapeur de l'eau qui ſe dilate ainſi, toutes les autres matieres ſolides ou liquides ſont capables des mêmes effets, quand on les convertit en vapeurs; ainſi les thermometres qu'on fait avec du mercure, & dont les tubes ſont capillaires, s'empliſſent de la même façon, & ſi l'on vouloit en faire d'huile, on pourroit s'y prendre de même.

Quand la vapeur qu'on dilate n'a

XII. LEÇON.

pas de quoi s'étendre, elle fait effort contre tout ce qui lui résiste, & cet effort peut vaincre des obstacles assez considérables.

VIII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

H, *Fig.* 6, est une petite poire creuse de métal, dans laquelle on met un peu d'eau, & dont l'orifice est fermé avec un petit bouchon de liege qui le remplit bien exactement, mais qui n'y est point poussé à force. Cette petite poire est montée sur un bâtis fort léger, au milieu duquel on a pratiqué une lampe d'esprit-de-vin, & le tout est mobile comme un petit charriot à trois roues; on place cet instrument sur un plan bien droit & uni, & l'on met le feu à la lampe pour échauffer la poire.

EFFETS.

Quelques instants après qu'on a allumé la lampe, le bouchon de la poire saute avec éclat, la vapeur de l'eau sort impétueusement, & toute la machine recule en roulant.

EXPLICATIONS.

Le feu qui échauffe la petite poire, fait bouillir le peu d'eau qu'elle contient, & la réduit en vapeurs qui se dilatent, & qui font dans tout l'intérieur du vaisseau un effort semblable à celui d'un ressort qui tend à se débander; lorsque cet effort augmente jusqu'à un certain point, il fait sauter le bouchon, la vapeur qui sort brusquement, pousse l'air avec plus de vîtesse qu'il ne peut céder, & se trouvant par-là appuyée comme sur un point fixe qui ne tient point à la machine, elle porte son effort contre le fond de la poire qui lui obéit en reculant, parce qu'elle est portée sur un bâtis qui est mobile. C'est ainsi que se fait le recul des armes à feu; c'est aussi à peu près de même qu'une fusée s'éleve, lorsqu'on a mis le feu à la partie inférieure, comme je l'ai expliqué*, en parlant du choc des corps à ressort.

* Tome I. page 360 & suiv.

APPLICATIONS.

Lorsqu'on rafraîchit les canons après plusieurs coups tirés, il arrive quelquefois que l'écouvillon qu'on fait entrer

XII. LEÇON.

dans la piece, pour la mouiller est, promptement & vigoureusement repoussé : c'est que le métal échauffé convertit en vapeurs l'eau qu'on y porte ; & quand l'écouvillon remplit trop exactement le calibre, cette vapeur dilatée le chasse dehors, avec une force supérieure à celle des Canonniers qui font ce service.

Quand un Cuisinier jette dans la friture, (sur-tout si elle est trop chaude) du poisson, ou quelques légumes humides, on entend pétiller pendant quelque temps, & l'huile bouillante saute quelquefois aux mains & au visage de ceux qui s'en tiennent trop près. Ces effets viennent de ce que les matieres grasses prennent beaucoup plus de chaleur que l'eau n'en peut supporter sans s'évaporer ; lorsque les parties de celle-ci entrent dans la friture, elles sont d'abord transformées en vapeurs, qui se dilatent subitement, & qui font jaillir de toutes parts l'huile qui les enveloppe : & comme ces sortes d'explosions se font entre le fond de la poële & l'air qui pese dessus, l'une & l'autre en sont frappés, & retentissent avec éclat.

Mais ces accidents (qui pourroient pourtant devenir fâcheux) ne ſont rien en comparaiſon de ceux auxquels s'expoſe un fondeur qui coule ſa matiere dans un moule qui n'eſt pas bien ſéché ; combien de fois n'a-t-on pas vu manquer des entrepriſes conſidérables, & la fonte s'élever, ou ſe répandre comme un torrent de feu, au grand danger des ſpectateurs. Le plus ſouvent ces triſtes effets viennent d'une vapeur humide, dilatée par le métal embraſé, qui creve les formes pour ſe faire jour, & qui chaſſe devant elle tout ce qui s'oppoſe à ſon paſſage.

Quelques Auteurs ont déjà dit que la force prodigieuſe, que l'on eſt toujours ſurpris de voir dans la poudre à canon, ne vient point tant de l'air qu'elle contient, ou qui ſe trouve logé entre les grains, que de la grande dilatabilité de ſa propre matiere ; & ce ſentiment me paroît très-plauſible : car en effet quand le feu embraſe une charge de poudre, qu'y fait-il autre choſe, & quel changement y apporte-t-il, ſinon de convertir en vapeurs du ſoufre & du ſalpêtre, qui ſont en conſiſtance de ſolide ? mais ces va-

XII. LEÇON.

peurs ne sont pas si-tôt formées, que le même feu qui les a fait naître, continuant son action, les dilate autant qu'elles sont dilatables, ou autant que le peut permettre l'obstacle qui les retient, par la durée de sa résistance : c'est donc en général au fluide embrasé qui se dilate, que ces prodigieux efforts doivent être attribués ; mais l'air n'en fait qu'une partie de ce fluide, & ce n'est ni la plus grande ni la plus dilatable ; il est donc vraisemblable que le plus grand effort ne vient pas de lui.

Ces petites ampoulles de verre qu'on fait crever en les jettant au feu, font beaucoup plus d'éclat, lorsqu'on joint quelques gouttes d'eau à l'air qu'elles renferment ; car alors le verre ne pouvant point s'échauffer assez pour s'amollir, non-seulement il donne le temps à l'air de se dilater avec plus de force, comme on l'a dit en parlant de l'action du feu sur ce fluide ; mais la goutte d'eau se mettant en vapeur plus dilatable que l'air même, fait une éruption plus violente. Les œufs de poisson qu'on jette sur des charbons ardents, font des pe-

tards naturels à peu près de cette espece, & qui crevent par la même raison; car c'est toujours une matiere renfermée sous une enveloppe dure & difficile à rompre, qui se dilate par l'action du feu. XII. LEÇON.

Il parut en 1695 un petit ouvrage de M. Papin, alors Professeur de Mathématiques dans l'Université de Marbourg, touchant plusieurs nouvelles machines qu'il avoit inventées, & parmi lesquelles il proposoit la construction d'une nouvelle pompe, dont les pistons seroient mis en mouvement par la vapeur de l'eau bouillante, alternativement dilatée & condensée. Cette maniere d'élever l'eau, imaginée & publiée dès-lors, fut proposée encore depuis, & même exécutée par M. Dalesme, qui fit voir en 1705 à l'Académie des Sciences une machine par laquelle il faisoit jaillir l'eau à une grande hauteur, sans employer d'autre puissance que le ressort de cette vapeur dilatée par le feu. * Enfin les Anglois usant de ce principe, & peut-être de l'application qu'on en avoit déja faite, (car M. Papin étoit Membre de la Société Royale, & son

* *Hist. de l'Acad. des Scienc.* 1705, p. 137.

XII. LEÇON.

ouvrage étoit public,) en firent une pompe qu'ils employerent avec succès dans les travaux publics, & que nous avons nous-mêmes imitée : c'est par le moyen de cette admirable machine, qu'on desseche les mines de Condé en Flandres : M. Belidor, dans son Architecture Hydraulique, fait une ample & élégante description de la maniere dont elle est construite, de ses usages, & de ses produits ; c'est-là qu'il la faut étudier pour en connoître toutes les parties & tous les avantages ; je me contenterai de faire voir ici seulement une application du principe, dans une machine toute simple, & sans pistons.

A B, *Fig.* 7, est une caisse plus longue que large, garnie de plomb pardedans, & remplie d'eau à peu près jusqu'à moitié : *C D* sont deux montants élevés sur la caisse pour soutenir une auge *E* qui est aussi doublée de plomb. *F G* est un petit fourneau de métal dans lequel il y a une lampe d'esprit-de-vin, & qui porte une bouilloire *H I*, qu'on emplit d'eau environ à moitié, par un trou qui est enhaut, & qu'on ferme ensuite avec un

bouchon à vis *K*, ſous l'épaulement duquel on enferme des anneaux de papier mouillé. *LM*, eſt un cylindre de verre creux, garni haut & bas d'un fond de métal qui s'applique avec des anneaux de cuir interpoſés, pour empêcher toute communication du dedans au dehors, par les bords du verre; celui d'en-bas *M* porte un tuyau ouvert de part & d'autre, dont un bout eſt plongé dans l'eau de la cuvette, & l'autre qui eſt garni d'une ſoupape, répond à la partie inférieure du cylindre de verre. Le fond d'en-haut *L* porte un robinet dont la clef percée ſelon ſon axe, & ſelon un de ſes rayons, fait communiquer le vaiſſeau cylindrique *LM*, que l'on emplit d'eau ſeulement pour la premiere fois, tantôt avec le canal *N* qui aboutit à la bouilloire, tantôt avec celui qui joint le tuyau montant *O P*.

La lampe étant donc allumée, dès que l'eau vient à bouillir, & que les vapeurs ſont dilatées dans la partie ſupérieure de la bouilloire; ſi, tournant la clef du robinet, on les laiſſe paſſer dans le vaiſſeau *L M*, elles s'y

XII. LEÇON.

étendent, & en chaſſent toute l'eau qui y eſt, par le tuyau montant *O P*; alors ſi l'on tourne la clef du robinet, de maniere qu'il y ait communication entre la boîte cylindrique & le canal *Q* qui aboutit au tuyau montant, il y tombe quelques gouttes d'eau froide qui condenſent la vapeur, c'eſt-à-dire, qui la réduiſent à un ſi petit volume que le vaiſſeau peut être réputé vuide; auſſi-tôt le poids de l'athmoſphere qui agit par le trou *M* ſur l'eau de la caiſſe, y porte de l'eau, & le remplit, comme nous avons vu qu'il eſt arrivé à la boule de verre de la ſeptieme expérience; cette eau eſt chaſſée comme la premiere, dès qu'on laiſſe rentrer la vapeur; & cette vapeur fait encore place à de nouvelle eau dès qu'on la condenſe, en retournant la clef pour emprunter quelques gouttes d'eau froide du tuyau montant. Par ces alternatives réitérées, on épuiſeroit la caiſſe, & l'on rempliroit l'auge d'en-haut; mais pour faire durer le jeu de la machine plus long-temps, on a pratiqué un tuyau de décharge *R S*, qui ramene l'eau à ſa premiere ſource.

Il y auroit du danger pour ceux qui ſont occupés au ſervice de ces ſortes de pompes, s'ils ſe laiſſoient ſurprendre par une dilatation trop violente des vapeurs ; c'eſt pourquoi l'on y pratique un petit ſoupirail *H*, ſur lequel on met une ſoupape chargée d'un poids qui fait moins de réſiſtance que la bouilloire n'eſt capable d'en faire ; afin que ſi la vapeur devient trop forte, elle trouve une iſſue qui la ralentiſſe, avant qu'elle puiſſe faire crever le vaiſſeau.

On ne peut pas nier que la pompe à feu ne puiſſe être très-utile, & que ſon ſervice ne ſoit fort sûr, puiſqu'on en eſt convaincu par l'expérience même ; mais il en eſt d'elle comme de toutes les machines, qu'il faut toujours employer dans des circonſtances convenables ; car ſouvent celle qui eſt bonne dans un cas, eſt mauvaiſe dans un autre. Les Anglois ont employé d'abord la pompe à feu dans leurs mines de charbon ; elle a réuſſi parfaitement, & on en continue l'uſage : ils l'ont établie à Londres pour diſtribuer l'eau de la Tamiſe, dans les différents quartiers de la ville ; ils ont été

XII. LEÇON.

obligés de l'abandonner : pourquoi cette différence ? c'est que cette machine dépense beaucoup en feu, & qu'elle enfume tous les environs ; ces deux inconvénients se souffrent aisément dans les lieux découverts, où la fumée se dissipe, & dans des mines de charbon, où le feu ne coûte presque rien à entretenir ; mais dans le centre d'une capitale, cela est tout différent.

Il y a toute apparence que Papin, qui paroît avoir imaginé le premier de faire servir la vapeur de l'eau comme un nouveau principe de mouvement, a été conduit à cette pensée, par l'usage de son *digesteur* dont j'ai fait mention ci-dessus ; car toutes les fois qu'on lâche la vis qui arrête le couvercle, avant que le vaisseau soit suffisamment refroidi, la vapeur le chasse très-brusquement, & sort elle-même avec impétuosité. Mais l'effet de l'Eolipile, si connu long-temps auparavant, auroit dû apprendre plutôt de quelle force est capable une vapeur dilatée, & ce qu'on peut attendre de son effort, si les Physiciens se copiant les uns les autres, ne se fussent

ſent fait comme une habitude d'attribuer à la dilatation de l'air ce qui appartient véritablement à celle de la vapeur de l'eau, ou de la liqueur qu'on fait bouillir dans cet inſtrument.

On appelle *éolipile*, une poire creuſe de métal, dont la queue *T*, eſt un canal fort étroit; on y fait entrer en la chauffant, comme on l'a dit en pluſieurs endroits ci-deſſus, de l'eau ou quelqu'autre liqueur qui rempliſſe la moitié, ou tout au plus les deux tiers de ſa capacité : on la place enſuite comme une cafetiere ſur des charbons ardents, & l'on pouſſe le feu juſqu'à ce qu'elle ſouffle violemment, par le petit canal de ſa queue. *Voyez la Fig.* 8. Enſuite on renverſe l'éolipile, en continuant de la chauffer avec le réchaud qu'on incline un peu, & auſſi-tôt la liqueur en ſort en forme de jet qui monte quelquefois à la hauteur de 25 pieds. Si cette liqueur eſt de l'eau-de-vie, on peut rendre le ſpectacle plus agréable, en préſentant quelques pouces au-deſſus de la naiſſance du jet un flambeau allumé; car alors la liqueur s'enflamme & forme un jet de feu, *Fig.* 9.

XII. LEÇON.

Dans tout ceci, où est l'action de l'air ? Est-ce dans ce premier souffle qui devient si violent lorsque la liqueur commence à bouillir, *Fig.* 8 ? Pour se convaincre que ce n'est qu'une vapeur, il n'y a qu'à présenter un verre plein d'eau, de façon que l'orifice par où elle sort soit un peu plongé, & l'on verra qu'il n'en vient que très-peu, ou point de bulles d'air. Est-ce dans la sortie précipitée du jet, *Fig.* 9, comme si c'étoit l'effet de l'air qui se dilate dans la partie la plus élevée de l'instrument ? Mais cet air est-il plus chaud alors qu'il n'étoit l'instant avant, lorsque la poire étoit droite ? N'a-t-il pas pris toute sa dilatation, avant qu'on renverse l'instrument ? Et s'il pouvoit se dilater encore, pourroit-on lui attribuer la violente éruption de la liqueur, quand on sait que le degré de chaleur qu'il a alors, ne peut augmenter son volume que d'un tiers, à commencer même d'un état au-dessous de celui qu'il a communément dans l'athmosphere, comme je l'ai prouvé dans la 10e Leçon * ? N'est-il pas bien plus vraisemblable, & comme démontré,

* Tome III. p. 219.

que la liqueur eſt chaſſée par ſa propre vapeur, qui occupe la partie la plus élevée du vaiſſeau, parce qu'elle eſt plus légere, & qui la preſſe de ſortir, parce que continuant de s'échauffer & de ſe dilater, elle tend toujours à s'étendre ? Je ne crois pas que cette explication puiſſe être conteſtée, après les expériences qu'on a vues précédemment.

Une des grandes vertus de l'eau, & que perſonne n'ignore, c'eſt qu'elle ſert à éteindre le feu, pourvu cependant qu'elle ne ſoit pas convertie ſubitement en vapeur : car la vapeur mêlée à l'air eſt un milieu élaſtique, dans lequel les matieres enflammées peuvent continuer de brûler, à moins qu'étant retenu par des obſtacles, ſon reſſort ne prenne un degré de tenſion trop conſidérable. On voit des preuves de cette reſtriction aux incendies qui naiſſent dans des lieux fermés, comme dans les caves, d'où la fumée, & en général les vapeurs, ne peuvent ſortir librement ; le feu, comme on ſait, s'y étouffe de lui-même, ou n'y fait que des progrès fort lents. Mais quand l'eau qu'on

XII. LEÇON.

jette ſur le feu, eſt en ſuffiſante quantité, qu'elle ne s'évapore pas ſur le champ; en un mot, quand elle ſubſiſte plus long-temps en liqueur que l'embraſement ne peut durer aux ſurfaces qu'elle touche, elle ne manque guere de produire l'extinction qu'on en attend. Car on doit conſidérer alors le corps enflammé, & l'eau dont on l'arroſe, comme ne faiſant qu'un. Mais ce liquide n'eſt ſuſceptible en plein air que d'un certain degré de chaleur, beaucoup inférieur à celui qu'il faut pour brûler les autres corps; aucun mixte enduit d'eau ne peut donc reſter enflammé, parce que l'eau avec laquelle il faudroit qu'il pût s'embraſer, n'eſt point inflammable; il en eſt tout autrement des liqueurs graſſes qui peuvent, avant que de s'évaporer, devenir aſſez chaudes pour brûler le bois, fondre l'étain, &c.

En 1721 il ſe répandit un bruit qu'en Allemagne, il y avoit quelques particuliers qui ſavoient éteindre les incendies par le moyen d'une certaine poudre dont ils y jettoient un paquet. Quelle attention ne devoit-on pas donner à un ſecret auſſi important?

des paquets de cette poudre devoient être des provisions qu'on pouvoit avoir & garder par-tout, & qui devoient se porter bien plus aisément que de l'eau aux édifices les plus élevés, &c. mais quelle défiance ne devoit-on point avoir aussi d'une merveille si singuliere, & annoncée de loin! Aussi raisonna-t-on de cette nouvelle bien différemment. Ceux qui ne savoient rien des effets de la nature & de l'art, sinon qu'on exagere souvent par de fastueuses promesses les découvertes que fait l'esprit humain, en étudiant l'une & en cultivant l'autre, n'en voulurent rien croire absolument; les autres, qui en savoient assez pour douter, suspendirent leur jugement, & se mirent même en devoir de deviner le secret. L'affaire en étoit là en 1722, lorsque deux Allemands vinrent en France, pour y faire des expériences qui devoient constater la réalité de ce qui avoit été annoncé à ce sujet dans les nouvelles publiques. On peut voir par un rapport bien circonstancié qu'en fit M. de Reaumur à l'Académie *, comment & en présence de

* *Mém.*

XII. LEÇON.

qui elles furent faites & jusqu'à quel point elles réüssirent. Il me suffira de dire ici que le secret consistoit à faire rouler ou glisser au milieu de l'embrasement un tonneau plein d'eau, au centre duquel étoit une boîte de ferblanc qui contenoit quelques livres de poudre à canon. Le feu prenoit à cette poudre par le moyen d'une meche & d'un tuyau, qui traversoit un des fonds de la barique, & qui aboutissoit à la boîte de métal ; l'explosion de la poudre faisoit tout crever, jettoit l'eau de toutes parts sur les matieres enflammées, & faisoit cesser la flamme.

de l'Ac. des Sc. 1722, p. 143.

On voit déjà par ce récit abrégé, combien il y avoit à rabattre de l'idée trop avantageuse que le bruit public auroit pu faire prendre de cette invention. Ce n'étoit plus un paquet qu'un homme pût jetter avec la main par-tout où le feu auroit pris ; c'étoit un tonneau plein qu'il eût été assez difficile de porter à quelque édifice élevé : de l'aveu même de ceux qui avoient intérêt de faire valoir ce mystérieux tonneau, (car il fallut le deviner ;) ce moyen n'étoit efficace que

dans des lieux clos & de peu d'étendue ; & l'expérience fit voir à tous les spectateurs un peu intelligents, que tout ce qu'on en pouvoit attendre, c'étoit d'appaiser la flamme, & de rendre l'embrasement accessible, ce qui est encore un avantage assez considérable ; ainsi quoique cette invention n'ait point un mérite aussi étendu qu'on l'attendoit, ou qu'on l'avoit promis, elle peut être employée avec succès dans plusieurs cas : & d'ailleurs on peut dire qu'elle est fort ingénieuse, puisqu'elle rassemble en elle toutes les manieres connues d'éteindre le feu ; une forte commotion qui disperse la flamme, & qui la sépare de son aliment, une raréfaction d'air qui suffiroit seule pour éteindre le feu, si elle duroit assez, & une distribution bien ménagée de l'eau, qui attaque en même-temps une très-grande quantité de surfaces, à peu près comme pourroit faire un arrosoir.

Les éruptions des volcans sont si terribles, les forces qui remuent ainsi les entrailles de la terre sont si fort au-dessus des mouvements ordinaires dont

XII. LEÇON.

nous connoiſſons l'origine, que ces prodigieux effets nous paroiſſent toujours plus grands que les cauſes phyſiques auxquelles nous les attribuons : cette diſproportion apparente, qui ôte toujours aux conjectures les plus raiſonnables une grande partie de leur vraiſemblance, ne viendroit-elle pas de ce que nous n'enviſageons ces cauſes que par parties, lorſqu'il s'agit d'expliquer un effet qui eſt le produit de pluſieurs enſemble ? Les matieres calcinées & les flammes que vomiſſent ces grands fourneaux, annoncent viſiblement des fermentations & des efferveſcences, un embraſement ſouterrein. M. Amontons a prouvé d'ailleurs, que la force élaſtique de l'air dilaté par la chaleur, eſt d'autant plus grande que ce fluide eſt plus comprimé. Dans ces bouleverſements qui arrivent à certaines parties de notre globe, ne conſidérons donc pas ſeulement une fermentation qui prend feu, & qui fait bouillir, pour ainſi dire, les matieres ſulfureuſes & ſalines qui ſe ſont mêlées, mais encore des volumes d'air chargés d'une maſſe énorme, & qui tendent à ſe dilater avec d'autant plus

plus de force qu'ils ſont plus retenus. A ces deux premieres cauſes, joignons-en une troiſieme qui eſt encore plus puiſſante ; c'eſt la dilatation des vapeurs, non-ſeulement des matieres inflammables, mais encore de l'eau, qui peut ſe rencontrer dans le voiſinage, & qui détermine peut-être par des écoulements accidentels ces éruptions qui arrivent de temps en temps. Ce n'eſt qu'en conſidérant ainſi le concours de pluſieurs cauſes connues, & en embraſſant même la poſſibilité de pluſieurs autres qui ne le ſont point encore, qu'on peut ôter à ces grands effets l'idée de prodige, par laquelle ils s'annoncent depuis ſi long-temps. Voyez ce que j'ai obſervé au Véſuve depuis les premieres Éditions de ce volume. *Mémoire de l'Académie des Sciences*, 1750, *p.* 78.



XII. LEÇON.

III. SECTION.

De l'Eau considérée dans l'état de Glace.

LOrsque l'eau ne contient pas une quantité suffisante de cette matiere qu'on appelle *feu*, & qui est, comme nous l'avons dit, la cause générale de la fluidité des corps, ses parties se touchant de trop près, perdent leur mobilité respective, s'attachent les unes aux autres, & forment un corps solide, transparent, qu'on nomme glace ; & ce passage d'un état à l'autre, s'appelle *congélation*. La glace par conséquent est plus froide que l'eau, & son froid augmente de plus en plus, si elle continue de perdre cette matiere déjà trop rare ou trop peu active pour la rendre liquide.

Les bornes que je me suis prescrites dans cet ouvrage, & la loi que je me suis faite d'y faire entrer par préférence tout ce qui regarde la partie expérimentale, ne me permettent pas d'entrer dans un plus long

détail, ſur les cauſes phyſiques de la congélation & ſur leurs différents progrès ; je m'en diſpenſe avec d'autant moins de regret que le Lecteur y pourra ſuppléer amplement, en jettant les yeux ſur une excellente diſſertation que M. de Mairan a donnée ſur cette matiere *; tout ce que je pourrois entreprendre de mieux, ce ſeroit de l'extraire ; mais elle n'en eſt pas ſuſceptible, parce qu'en diſant tout, elle ne contient rien de trop. Je m'en tiendrai donc aux phénomenes les plus importants, & aux cauſes les plus prochaines, qui peuvent ſe prouver par des faits.

* *Diſſertation ſur la glace, ou expl. phyſ. &c. réimprimée avec beaucoup d'augmentations en 1749.*

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut expoſer à l'air, lorſqu'il gele, pluſieurs petits vaſes cylindriques de verre mince, pleins d'eau pure, *Fig.* 10, & obſerver attentivement ce qui s'y paſſe.

EFFETS.

S'il ne gele que foiblement, on remarque d'abord une pellicule de glace

XII. LEÇON.

très-mince, qui se forme à la surface d'en-haut qui touche immédiatement l'air : ensuite il part des parois du petit vase, des filets qui prennent différentes directions ; & peu à peu il se forme d'autres filets qui joignent & qui coupent les premiers, faisant avec eux toutes sortes d'angles : enfin ces filets se multiplient & s'élargissent en forme de lames, qui augmentant elles-mêmes en nombre & en épaisseur, s'unissent toutes en un même corps. Ce cylindre de glace paroît assez plein & transparent, depuis sa surface extérieure jusqu'à une certaine distance en-dedans ; mais dans l'axe, & aux environs, il est interrompu par une grande quantité de bulles d'air ; & la surface d'en-haut qui s'étoit d'abord formée plane, se trouve élevée en bosse, & toute raboteuse.

Si la gelée est plus âpre, à peine a-t-on le temps d'observer ces filets & ces lames ; tout se passe plus confusément : les bulles d'air interrompent indifféremment toute la masse, & la rendent opaque : la superficie d'en-haut est fort inégale & convexe, & le verre se casse assez ordinairement.



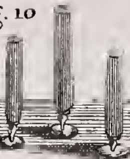
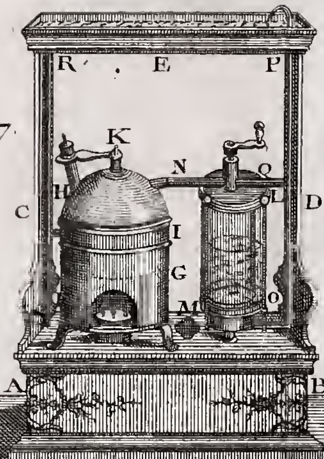
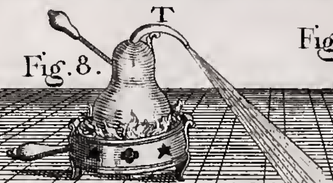
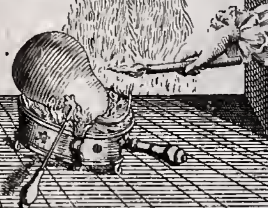

Fig. 10


Fig. 6.
H


R
E
P
Fig. 7.
K
N
Q
H
L
D
C
I
G
M
O
A
B


T
Fig. 8.


Fig. 9.

Si l'on trempe pendant un inſtant le vaſe dans l'eau chaude, pour détacher & en ôter le cylindre de glace, cette glace jettée dans un vaſe plein d'eau froide y ſurnage toujours, ce qui marque inconteſtablement qu'elle eſt plus légere que l'eau.

Quand on veut faire ces expériences dans une autre ſaiſon que l'hiver, on peut faire un froid artificiel, en mêlant du ſel commun avec de la glace pilée dans un vaiſſeau, où l'on puiſſe plonger des tubes de verre mince remplis d'eau : on verra ci-après comment on peut régler les degrés de ce froid artificiel.

EXPLICATIONS.

Lorſqu'il gele dans l'air, la matiere du feu y eſt plus rare, ou moins en mouvement, que dans l'eau qui eſt encore liquide. Le petit vaſe cylindrique étant donc expoſé à la gelée, le feu qui eſt dans l'eau s'évapore, & paſſe dans l'air qui l'environne, juſqu'à ce que ce fluide actif ſe trouve uniformément répandu dans l'un & dans l'autre, à peu près comme l'humidité d'un linge mouillé s'exhale

XII. LEÇON.

dans l'air qui le touche de toutes parts, jusqu'à ce que l'un & l'autre soient également secs ; l'eau perd donc de son feu à proportion de ce qu'il en manque dans l'air environnant : or en hiver, quand il gele, il y a dans l'athmosphere une grande disette de feu ; ou (ce qui revient au même) le mouvement de ce fluide est fort ralenti : ce qu'il en reste dans l'eau en pareil cas ne suffit plus pour entretenir la mobilité de ses parties ; elles retombent donc les unes sur les autres, & s'arrangent de diverses façons, selon que la matiere qui les désunissoit s'évapore plus ou moins promptement, & de tel ou tel côté plutôt que d'un autre.

Mais à mesure que les parties de l'eau s'approchent les unes des autres, leurs pores se rétrécissent, & l'air qui s'y trouvoit logé, & qui ne peut plus tenir dans ces interstices, dont la capacité diminue de plus en plus, se réunit en globules sensibles, & demeure enfermé dans la masse qui est déjà devenue solide. Outre ces globules d'air qu'on apperçoit à la vue simple, si l'on examine la glace avec

une loupe de verre, on en diſtingue encore une infinité d'autres beaucoup plus petits & plus près les uns des autres. XII. LEÇON.

Cet air, tant qu'il n'a occupé que les pores de l'eau, c'eſt-à-dire, des places vuides ou comme telles, n'en augmentoit point le volume ; mais ſitôt qu'il ſe met en globules ſenſibles, il interrompt la continuité de la maſſe, & la rend plus grande. Voilà pourquoi la ſurface ſupérieure ſe tuméfie, & devient convexe ; & c'eſt pour cette raiſon auſſi que le verre ſe caſſe, ſe trouvant trop étroit pour contenir l'eau convertie en glace.

L'augmentation de volume donne à la glace cette légéreté qui la fait ſurnager ; car un corps eſt plus léger qu'un autre, lorſqu'à quantité égale de matiere, ſon volume eſt plus grand ; ou (ce qui eſt la même choſe) lorſqu'à volume égal, il contient moins de matiere : or le cylindre de glace eſt plus grand que l'eau dont il eſt formé, puiſqu'il caſſe le verre, ne pouvant ſe contenir dans les mêmes dimenſions : l'eau qui ſe gele devient donc plus légere, parce qu'elle augmente en volume.

XII. LEÇON.

Cependant ce feroit prendre une fauffe idée de la glace, que de la regarder comme une eau dilatée, comme ont fait Galilée & quelques autres Auteurs. MM. Hughens, Homberg, de Mairan, Mariotte, & prefque tous les Phyficiens modernes qui ont étudié l'eau dans cet état, ont toujours cru qu'elle étoit condenfée, & n'ont attribué l'augmentation de fon volume qu'à l'air extravafé qui entrecoupe la maffe, & qui y forme comme des vuides, à peu près de la même maniere qu'une pierre de meuliere peut être plus légere qu'une pierre de liais de grandeur égale; non pas qu'en ce qu'elle a de plein, elle ne foit plus compacte, plus ferrée, plus dure que celle-ci, mais parce qu'elle eft interrompue par une infinité de cavités, qui contribuent à fon volume fans augmenter fon poids.

Tout ce qu'on pourroit défirer, pour appuyer cette explication, c'eft qu'en faifant de la glace avec de l'eau purgée d'air, elle fe trouvât alors auffi pefante que l'eau même : il paroît que M. Homberg en eft venu à bout, par un procédé qui dura deux

ans. * J'ai tenté plusieurs fois de répéter cette expérience en moins de temps, ne voyant point de nécessité de la faire tant durer : j'avoue que je n'ai jamais pu obtenir le même résultat ; aussi n'ai-je jamais pu faire de glace qui ne contînt des bulles d'air, quelque soin que j'eusse pris d'en purger l'eau, en employant tous les moyens connus & toutes les précautions que j'ai pu imaginer : mais j'ai fait plusieurs fois de la glace sensiblement plus pesante qu'elle n'a coutume de l'être, & cela doit suffire à quiconque n'a point un penchant déterminé pour un autre systême.

* *Mém. de l'Ac. des Sc. 1699. tom. X. p. 255.*

Ce qui a fixé l'attention des Physiciens sur l'augmentation du volume de l'eau qui devient glace, c'est que ce phénomene est une exception à la loi générale ; car presque toutes les matieres qui perdent leur fluidité pour devenir solides, au lieu d'augmenter, diminuent de grandeur ; & la cause de cet effet se présente d'elle-même : un corps n'est fluide que par le mêlange d'une matiere étrangere qui écarte ses parties, & qui les aide à rouler les unes sur les autres, com-

XII. LEÇON.

me nous l'avons dit en parlant des causes de la fluidité. * Tant que cet état dure, le volume doit être plus grand ; mais si-tôt que cette matiere étrangere vient à sortir, les parties doivent se rapprocher, & le tout doit devenir plus petit, plus serré, & spécifiquement plus pesant. La légéreté de la glace est donc une chose remarquable, & qui mérite d'être expliquée.

* Tome II. pag. 442 & suiv.

Cette exception n'est point la seule dans la nature. M. de Reaumur a déjà remarqué que le fer fondu, dans l'instant qu'il perd sa liquidité, augmente en volume ; & (ce qui en est une conséquence naturelle) que les ouvrages coulés de cette matiere, viennent ordinairement fort bien, parce qu'au lieu de s'écarter du moule comme les autres métaux, elle s'en approche au contraire en prenant la consistance de solide. Il attribue, avec beaucoup de vraisemblance, cette propriété du fer à un arrangement imparfait de ses parties, au moment qu'elles sont fixées par un refroidissement subit : comme il faut une extrême chaleur pour faire couler ce

métal, & que le moindre froid lui fait perdre ſa liquidité, ſes parties hériſſées les unes contre les autres, ne ſont déjà plus en état de couler, quoiqu'elles aient encore aſſez de flexibilité pour s'affaiſſer peu à peu, à meſure que le feu s'évapore, & que le mouvement ſe ralentit.

Sans abandonner l'explication que nous avons donnée ci-deſſus, ne pourroit-on pas ſoupçonner quelque choſe de ſemblable dans l'eau qui ſe glace? Ce qui me porteroit à cette conjecture qui s'eſt déjà préſentée à l'eſprit de pluſieurs Savants*, c'eſt que la congélation de l'eau, comme celle du fer, eſt très-ſubite, & que l'augmentation de ſon volume eſt d'autant plus grande que la glace ſe fait par un froid plus âpre. Si l'on demande pourquoi les autres matieres qui ſuivent la loi générale, diminuent de grandeur en devenant des corps ſolides, on peut répondre qu'elles perdent plus lentement leur fluidité; que leurs parties ont le temps de s'arranger en s'approchant les unes des autres; qu'elles contiennent moins d'air, ou que celui qu'elles contiennent ne ſe raſ-

* *M. de la Hire, Mém. de l'Ac. des Sc. avant 1700, tom. IX. p. 477. M. de Mairan, Diſſert. ſur la glace, p. 606.*

XII. LEÇON.

ſemble point en bulles capables d'interrompre la continuité de la maſſe.

M. Muſchenbroek qui a beaucoup travaillé ſur la matiere que nous traitons préſentement, prétend que le froid & la gelée ſont deux choſes tout-à-fait différentes; que l'un n'eſt qu'une ſimple privation du feu, au lieu que l'autre eſt l'effet d'une matiere ſaline répandue dans l'air, & qui venant à pénétrer l'eau, la coagule & lie les parties de maniere qu'elles ne peuvent plus couler: » ainſi, dit-il, l'eau » qui ſe gele augmente en volume, » parce qu'elle eſt raréfiée par la pé- » nétration de ces petits corps étran- » gers; & elle ſe diſſipe & s'évapore » facilement, parce que cette cauſe » interne fait continuellement effort, » pour écarter les parties de la maſ- » ſe. « Il faut voir dans les ouvrages mêmes * de M. Muſchenbroek, ſur quelles preuves il appuie ſon ſyſtême; je ne puis les rapporter ici dans toute leur étendue, & je craindrois de les affoiblir ſi je n'en donnois qu'un extrait.

* *Comment. in tentam. Exp. Acad. del Cimento. p. 183. & ſeq.*

Je ſouſcrirois volontiers à cette opinion, s'il ne falloit, pour me dé-

terminer, que l'autorité d'un habile Maître; mais j'ai pris pour regle de ne me rendre qu'à l'évidence, ou au plus vraisemblable, & je ne puis dissimuler que je n'ai trouvé ni l'un ni l'autre dans les raisons sur lesquelles se fonde M. Muschenbroek. Qu'il y ait dans l'air des parties nitreuses, & qu'il y en ait plus en hiver qu'en toute autre saison, c'est une pensée qui est venue à presque tous ceux qui ont raisonné sur la nature & sur les causes du froid. Mais s'ils ont soupçonné que ces matieres salines pouvoient causer le refroidissement de l'athmosphere, je ne vois pas qu'aucun d'eux, excepté M. de la Hire *, ait jugé nécessaire de les faire passer dans l'eau pour la glacer : contents d'entrevoir de quelle maniere l'air pouvoit se refroidir, ils ont cru qu'étant devenu froid, cet élément étoit bien capable en cet état d'ôter à l'eau le degré de chaleur qu'il lui faut pour couler : en usant ainsi avec retenue d'une cause dont l'existence est douteuse, ils ont prévenu plusieurs difficultés, auxquelles on s'engage à répondre, lorsqu'on embrasse, comme M. Muschenbroek,

XII. LEÇON.

* *Mém. de l'Ac. des Sc. avant 1699. tom. IX. p. 476.*

XII. LEÇON.

l'opinion de M. de la Hire. L'expérience nous apprend, comme on le verra bientôt, que les matieres salines, quoiqu'elles aient la propriété de refroidir l'eau, la rendent cependant plus difficile à se glacer. Si l'on suppose donc que les parties *frigorifiques* ou *glaçantes* sont salines, il faut encore supposer que ce sont des sels d'une nature toute particuliere, & tels qu'on ne les puisse comparer à aucun de ceux qui sont connus; ainsi ce ne sera plus ce *nitre aërien* que plusieurs Savants ont admis, & qui voltige, dit-on, plus abondamment au-dessus des terreins qui en contiennent davantage; car le salpêtre, & tous les sels fossiles que nous connoissons, étant mêlés avec l'eau, ne font que retarder sa congélation, au lieu de la coaguler.

Dans les plus grandes chaleurs de l'été, on fait de la glace qui ressemble parfaitement à celle que la gelée fait en hiver. Y a-t-il donc alors des parties frigorifiques en l'air? ou bien si elles sont dans le mêlange de sel & de glace dont on se sert pour opérer ces congélations artificielles, pour-

quoi ce mêlange même se fond-il en devenant plus froid?

Si ce sont ces parties salines qui augmentent le volume de la glace, en dilatant l'eau qu'elles pénetrent, pourquoi font-elles un effet tout contraire sur les vaisseaux de verre ou de métal, par lesquels elles sont obligées de passer? car on sait que la gelée condense les matieres les plus dures: il seroit bien singulier qu'il n'y eût que l'eau dont elles fussent capables d'écarter les parties.

Comment se peut-il faire encore que cette matiere étrangere, à qui l'on attribue la propriété de lier les parties de l'eau entr'elles, & qui, pour me servir des termes de M. Muschenbroek, ou de son Traducteur, * fait à leur égard l'office de *colle*; comment, dis-je, cette matiere peut-elle être en même temps la cause de la prompte évaporation de la glace? comment peut-elle fixer un fluide, dont elle tend à dissiper les parties?

* *Essais de Phys.* p. 443.

Enfin ces parties frigorifiques qui sont d'une nature saline, comment ne font-elles pas perdre à l'eau son insipidité naturelle? On ne peut pas di-

XII. LEÇON.

re qu'elles y ſoient en trop petite quantité ; puiſque la glace eſt communément d'un $\frac{1}{19}$ *, & ſelon Boyle, d'un $\frac{1}{10}$ plus grande que le volume d'eau, dont elle eſt formée, il faut non-ſeulement que cette matiere étrangere en occupe les pores, mais encore un eſpace aſſez conſidérable dans la maſſe ; eſt-ce donc un ſel inſipide ? autant vaudroit dire un ſel qui n'en eſt point un ; & alors ſous quelle idée ſe préſentera-t-il, pour avoir la propriété de s'inſinuer, d'entamer, d'écarter les parties de l'eau, & de ſe loger dans ſa maſſe ?

* M. de Mairan, Diſſert. ſur la glace, p. 617.

Dans les expériences de l'Académie *del Cimento*, on en trouve une qui eſt très-favorable à l'opinion que je viens de combattre. La liqueur d'un thermometre a paru baiſſer au foyer d'un miroir ardent expoſé vis-à-vis d'un tas de glace, peſant 500 livres. » Il y a donc des rayons » de froid poſitifs, & capables d'être réfléchis ; la congélation de l'eau » ne vient donc pas d'une ſimple privation ou diminution de chaleur. « Voilà l'argument qu'en ont tiré ceux qui ont adopté, & qui ont voulu faire

faire valoir le ſentiment de MM. de la Hire & Muſchenbroek ; mais pourquoi ces deux Auteurs ont-ils manqué à citer cette expérience, comme une preuve de leur ſyſtême, le dernier ſur-tout, qui a traduit & commenté l'ouvrage où elle ſe trouve écrite ? En voici, je penſe, la raiſon ; c'eſt qu'au même endroit du texte *, où il en eſt fait mention, on lit que le réſultat en a paru douteux, & qu'elle n'a point été faite avec aſſez de précaution & de ſoin pour mériter qu'on y ajoute foi : *Non enim ea omnia fecimus quæ neceſſaria forent, ad hoc experimentum ita confirmandum, ut fides eidem haberi poſſit.*

XII. LEÇON.

* *Exp. IX. circa glaciem naturalem.*

Une autre raiſon de cette omiſſion qu'on peut bien préſumer encore, & qui eſt plus forte que la premiere, c'eſt qu'un Phyſicien auſſi zélé & auſſi laborieux que l'eſt M. Muſchenbroek, n'aura pas manqué de répéter cette expérience, qui doit paroître très-curieuſe & importante ; & s'il en a pris la peine, comme il eſt vraiſemblable, il aura été convaincu par le fait même, comme je l'ai été pluſieurs fois, pendant les hivers de 1740 & 1742, que le

miroir concave ne fait en pareil cas que ce que pourroit faire tout autre obſtacle, de quelque figure qu'il fût, c'eſt-à-dire, arrêter entre la glace & lui une maſſe d'air qui ſe refroidit ſimplement par communication, ſi elle n'eſt point d'abord auſſi froide que la glace. Ainſi ou la liqueur du thermometre placé entre le miroir & la glace ne baiſſe point, ou ſi elle baiſſe, cet effet arrive indifféremment lorſque l'inſtrument eſt par-tout ailleurs qu'au foyer.

APPLICATIONS.

Un des plus communs effets de la gelée, eſt de faire caſſer les vaiſſeaux qui ſe trouvent remplis d'eau : s'ils ne ſont pas bouchés, & que leur ouverture ſoit un peu grande, la glace commence par la ſuperficie qui touche l'air extérieur ; l'eau qui eſt ſous cette premiere couche ſe trouve alors renfermée de toutes parts, & en devenant glace, elle ne peut plus s'étendre qu'en écartant les parois, ou en les rompant, s'ils ne ſont point d'une matiere aſſez extenſible ; ainſi les vaſes de verre, de faïance, & même de

fer fondu, soutiennent rarement cette épreuve, & c'est une sage précaution que de les tenir vuides pendant la gelée.

XII. Leçon.

Cet effort de l'eau qui se gele est prodigieux ; on voit par une expérience de M. Hughens, qui a été répétée depuis par plusieurs personnes, qu'il est capable de faire crever un canon de mousquet. Boyle ayant fait geler de l'eau dans un vaisseau cylindrique de cuivre qui avoit environ 3 pouces de diametre, trouva que ce petit volume en se glaçant, soulevoit un poids de 74 livres. Mais avant lui les Académiciens de Florence avoient déjà éprouvé par des procédés plus ingénieux, de quelle épaisseur devoit être un vaisseau cylindrique de cuivre, pour résister à la force expansive de la glace ; & M. Muschenbroek, qui a savamment commenté leurs expériences, jugeant de la valeur de cet effort, par la résistance du métal, estime qu'il équivaut à un poids de 27720 livres ; ce qui est presqu'incroyable.

Il ne faut donc plus s'étonner de voir que la gelée souleve le pavé des

XII. LEÇON

rues, qu'elle faſſe fendre les pierres & les arbres, qu'elle creve les tuyaux des fontaines, quand on n'a point la précaution de les tenir vuides, &c. Car par-tout où l'eau ſe trouve, dès qu'elle devient glace, elle fait effort pour s'étendre, & les plus grands obſtacles ne ſont pas capables de l'en empêcher. Mais il faut obſerver que la plupart de ces effets n'arrivent point par une gelée qui a été précédée d'un temps ſec, mais plutôt après un faux dégel, ou bien après une longue ou abondante humidité; car ce n'eſt que dans ces dernieres circonſtances que les corps les plus poreux ſe trouvent pénétrés d'eau. On peut remarquer encore que le marbre, les cailloux, le verre, & généralement tout ce qui ne devient point intérieurement humide, ne ſe fend point à la gelée; comme la pierre tendre où les parties de l'eau s'inſinuent aiſément, & deviennent en ſe glaçant, comme autant de petits balons qui s'enflent, & ſoulevent les feuillets ou les couches qui les couvrent.

M. Homberg cherchant la cauſe de cette force énorme avec laquelle l'eau

s'étend en devenant glace, crut la trouver dans le nouvel état de l'air qui ſe raſſemble par bulles dans la maſſe; ce ſavant Phyſicien fait à cet égard une remarque très-judicieuſe: » les particules d'air, dit-il, qui ſont » logées dans les pores de l'eau, y » ſont preſſées & retenues avec plus » de force, étant ainſi diviſées, qu'el» les ne le ſont après leur réunion; » car comme elles préſentent beau» coup plus de ſurface au liquide am» biant, la ſomme de toutes les preſ» ſions qu'elles ont à ſoutenir ſépa» rément, ſurpaſſe auſſi de beau» coup le poids dont eſt chargée une » bulle d'air compoſée de toutes ces » particules réunies. « D'où il conclut que l'air, dont l'eau ſe deſſaiſit en ſe glaçant, & qui demeure renfermé dans la maſſe, exerce plus librement ſon reſſort; qu'il doit par conſéquent s'étendre, & augmenter, avec toute la force qui lui eſt rendue, le volume dont il fait partie.

Le raiſonnement de M. Homberg, fondé ſur les loix de l'Hydroſtatique & ſur la connoiſſance que nous avons des propriétés de l'air, conclut aſſez

XII. LEÇON.

bien que ce fluide, à mesure qu'il se dégage des pores de l'eau, en doit étendre le volume par son ressort devenu plus libre : mais que cette nouvelle force, dont il commence à jouir alors, soit capable de vaincre des obstacles tels que ceux dont j'ai fait mention, voilà ce que j'ai peine à comprendre ; car lorsque la glace est formée, le ressort de l'air qu'elle renferme est-il entiérement détendu, ou ne l'est-il pas ? les uns prétendent que oui, les autres soutiennent le contraire ; & opposant expérience à expérience, ceux-ci assurent, (& il m'a semblé voir la même chose) que si l'on perce la glace pour donner jour aux bulles d'air, ce fluide marque en s'échappant avec précipitation, que son ressort y étoit contraint ; mais le degré de vîtesse avec lequel il sort, ne répond point aux effets que produit l'eau qui se gele, par son expansion. D'un autre côté, si l'air qu'on voit dans la glace est revenu à la même densité que celui de l'athmosphere, que peut-on donc attribuer au ressort qu'il a acquis en se rassemblant en bulles ? C'est tout au plus d'avoir contribué

à une augmentation de volume qui n'excede pas la dix-neuvieme partie du tout. Je dis d'avoir contribué, car le volume de l'eau qui se gele doit augmenter par la seule raison que l'air se rassemble en bulles, comme nous l'avons dit dans les explications précédentes.

Pour dire ce que j'en pense, je ne rejette point cette cause ; elle pourroit bien avoir quelque part à l'augmentation du volume de la glace : mais je ne crois pas que ce soit-là la principale ; & voici comment je croirois pouvoir rendre raison de la force presque invincible avec laquelle se fait cette expansion.

L'air rassemblé en bulles est incontestablement la cause immédiate de l'augmentation du volume, puisque sans l'interruption qu'il cause dans la masse, l'eau se contiendroit dans un moindre espace ; & les choses doivent être ainsi, quand même cet air ne feroit aucun effort pour s'étendre. Mais il se rassemble d'autant plus d'air en bulles, qu'il en sort davantage des pores où il est naturellement logé : l'expansion du volume vient donc

XII. LEÇON.

originairement de la cauſe, (telle qu'elle puiſſe être) qui retrécit les pores de l'eau, & qui la condenſe : or celle qui condenſe l'eau, & qui la rend un corps dur, eſt ſans doute la même qui durcit les autres matieres lorſqu'une cauſe interne ceſſe d'entretenir leur fluidité ; & nous ſavons par mille exemples familiers avec quelle puiſſance elle agit ; comme la condenſation de l'eau eſt plus forte & plus prompte, quand le froid eſt plus âpre, en pareil cas la glace doit être plus remplie de bulles d'air, avoir un plus grand volume, & être capable d'un plus grand effort, ce qui s'accorde parfaitement avec l'expérience.

Quand les rivieres ou les étangs ſe gelent, la glace commence toujours par la ſuperficie de l'eau, quoi qu'en diſe un Auteur célebre, qui a été trompé, ſans doute, par le témoignage unanime des bateliers, des meûniers, & généralement de tous les ouvriers qui travaillent ſur les eaux courantes. Ces ſortes de gens ſoutiennent opiniatrément que la glace ſe forme d'abord au fond de l'eau, & qu'elle ſurnage enſuite. L'unanimité d'erreur

d'erreur, parmi des gens qui ſont à portée de voir les mêmes choſes, m'a fait ſoupçonner que quelque fait mal interprété y donnoit occaſion ; & véritablement en examinant la choſe de près, j'ai vu ce qui peut faire prendre le change à des gens ſans principes, & qui s'en tiennent aux premieres apparences. Quand une riviere eſt priſe par la gelée, ſi l'on en coupe un glaçon à quelque diſtance du bord, & qu'on l'enleve, un inſtant après on voit paroître à l'embouchure du trou une maſſe de glace imparfaite, comme ſpongieuſe, remplie de terre ou d'autres ſaletés, & que les gens de riviere appellent *Bouzin* ; on ſeroit tenté de croire qu'elle s'éleve du fond, ſi l'on ne ſavoit pas que le froid qui fait glacer vient de l'athmoſphere, & que cette cauſe ne peut avoir ſon effet au fond de l'eau, ſans avoir fait geler auparavant toute celle qui eſt au-deſſus. Mais quand même on ignoreroit ce principe, il ſuffit de ſonder le fond, où l'on ne trouve jamais de glace, où la terre eſt le plus ſouvent d'une autre couleur que celle dont le bouzin eſt rempli ; d'ailleurs

XII. LEÇON. cette ſaleté qui en impoſe, ne ſe trouve pas dans des glaçons qui ont 5 à 6 pouces d'épaiſſeur, comme elle devroit y être cependant, s'ils venoient du fond.

Pour ſavoir la vraie origine de cette ſorte de glace, il faut obſerver que la gelée fait prendre les eaux courantes tout autrement que celles qu'on nomme dormantes ; & que la glace des unes differe beaucoup de celle des autres par ſa dureté, ſa couleur, ſa tranſparence : quand le froid agit ſur une eau tranquille, il ſe communique uniformément d'une couche à l'autre ; les parties ſe lient également, & l'air qui s'en échappe, gagnant toujours le deſſous, en interrompt moins la continuité ; ainſi cette glace eſt communément la plus dure, la plus unie, la plus claire, & d'une couleur plus ſemblable à celle de l'eau. Il n'en eſt pas de même des glaçons qu'on voit flotter ſur les rivieres, lorſqu'elles charient : ils ſont plus opaques, d'une couleur blanchâtre ; ils ont moins de conſiſtance ; le deſſous & les bords ſont chargés d'une épaiſſeur aſſez conſidérable de bouzin.

C'eſt une erreur de croire que ces glaçons flottants ſoient détachés des bords, ou par la chaleur du ſoleil, ou par les ſoins de quelques meûniers qui rompent en certains endroits la glace qui les incommode; car la riviere charie la nuit comme le jour; & la grande quantité de glaçons dont elle eſt continuellement couverte, ne peut point être regardée comme l'ouvrage d'un petit nombre de particuliers. Mais voici ce qui arrive.

Quand la gelée eſt aſſez forte, non-ſeulement l'eau ſe glace aux bords & dans les anſes où elle n'eſt point agitée par le courant, mais auſſi dans les endroits où ſes parties n'ont aucune vîteſſe reſpective, c'eſt-à-dire, où elles n'ont qu'un mouvement commun, qui ne les déplace point les unes à l'égard des autres; ce ſont ces endroits qu'on nomme *miroirs*, qu'on voit communément aux grandes rivieres, & où l'eau ſemble être dormante, parce qu'on n'y apperçoit point de flots. Lors donc que la ſuperficie d'un de ces miroirs eſt priſe, il en réſulte un glaçon iſolé, qui ſuivant le courant, donne lieu à un autre de ſe former après lui

dans la même place. Mais comme ces glaçons ſont d'abord très-minces, il n'y en a qu'une partie qui ſe conſervent entiers, ou dont les fragments reſtent d'une certaine grandeur : les autres ſont briſés & comme broyés par mille accidents ; de ſorte que la riviere eſt couverte en partie de grands glaçons qu'elle charie gravement, & en partie de ces petits fragments qui flottent au gré de l'eau, que le moindre obſtacle arrête, ou qui ſont pouſſés ſous la glace qui tient au rivage. Delà il arrive deux choſes.

Premiérement. Comme les grands morceaux de glace conſervent plus de vîteſſe que les petits, ceux-ci continuellement expoſés à la rencontre des premiers, s'amaſſent à leurs bords, & y forment comme une croûte qui s'éleve au-deſſus du plan ; ou bien paſſant deſſous, & s'y arrêtant par le frottement, ils y ſont fixés par la gelée, & ils augmentent l'épaiſſeur du grand glaçon. Delà vient que ces glaces flottantes ſont d'une couleur blanchâtre & opaque, & qu'elles ſont moins dures que celles des eaux dormantes, parce qu'elles ſont faites,

pour la plus grande partie, de toutes ces pieces mal jointes, & qui renferment entr'elles, ou beaucoup d'air, ou d'autres matieres qui s'y sont mêlées pendant qu'elles flottoient.

XII. LEÇON.

Secondement. Quand ces petits fragments sont chassés sous la glace qui tient au rivage, ils ne s'attachent ensemble que fort imparfaitement, parce que le degré de froid qui y regne, est à peine capable de geler. Delà vient ce bouzin dont nous avons parlé ci-dessus, qui n'est qu'une glace spongieuse, qui a peu de consistance, & qu'on trouve toujours sale, parce qu'en obéissant au fil de l'eau sous la grande glace, elle a souvent touché le fond, & s'est chargée de sable, d'herbes, & généralement de tout ce qui a pu s'y attacher.

Pour revenir à notre premier fait, si l'on enleve donc un morceau de la grande glace sous laquelle est le bouzin, celui-ci ne manque pas de s'en détacher par son propre poids; sa chûte le porte un peu avant dans l'eau, & un instant après, lorsqu'il remonte à la surface, il semble qu'il vient du fond; & ceux qui ne portent point leurs ré-

flexions au-delà de cette premiere apparence, s'imaginent qu'il s'y eſt formé.

Le milieu d'une grande riviere, ce qu'on appelle *le fil de l'eau*, où il y a toujours des flots, ne ſe glace point par lui-même, parce que ſon mouvement étant irrégulier, & ſe faiſant comme par ſauts, les parties qui doivent s'unir & s'attacher, ne ſont jamais deux inſtants de ſuite à côté les unes des autres, & la gelée n'a point le temps de les fixer. Une grande riviere ne ſe prend donc entiérement que quand les arches d'un pont, ou quelque autre obſtacle arrête les glaçons qu'elle charie, & leur donne occaſion de ſe joindre, & de ſe ſouder, pour ainſi dire, l'un à l'autre. C'eſt pour cela que la glace d'une riviere entiérement priſe n'eſt point unie comme celle d'un étang, & qu'on y voit communément des piles de glaçons amoncelés les uns ſur les autres.

Ces ſortes d'engorgements n'arrivent point, quand les glaçons flottants ſont moins nombreux, parce qu'ils ont le temps de s'écouler, ce qui entretient libres les paſſages les plus étroits; &

les rivieres n'en charient jamais moins que pendant les gelées qui tiennent des deux extrêmes ; c'eſt-à-dire, quand il gele foiblement, ou bien quand il fait un froid exceſſif. On conçoit de reſte pourquoi l'on voit flotter moins de glaçons lorſqu'il gele peu; mais que le froid le plus âpre puiſſe avoir le même effet, c'eſt un paradoxe qu'il faut expliquer.

Les glaçons qui flottent quittent les miroirs où ils ont été formés, & ſont emportés par le courant, parce que ces places ſont ſéparées du rivage ou des glaces qui le bordent, par des filets d'eau dont le mouvement un peu moins régulier ne donne point priſe au même degré de froid ; mais cette raiſon ne ſubſiſte plus, dès qu'il gele aſſez fort pour faire glacer non-ſeulement le miroir, mais auſſi le filet d'eau qui le ſépare du rivage ; car alors l'un & l'autre ne font qu'une même glace qui demeure fixe. Ainſi quand le froid vient à augmenter juſqu'à un certain degré, au lieu de multiplier les glaçons flottants, il en diminue le nombre, parce qu'il arrête beaucoup de ceux qui auroient flotté par un moindre froid.

XII. LEÇON.

C'eſt ainſi qu'on peut expliquer un fait qui parut fort ſingulier dans le temps qu'on l'obſerva, & qui le paroît encore tellement aujourd'hui, que bien des gens refuſent de le croire, quoiqu'il ſoit bien atteſté. Pendant l'hiver de 1709, la Seine ne fut point entiérement priſe ; il y eut toujours un courant découvert entre le Pont-neuf & le Pont-royal ; & l'on ſait cependant que cette riviere ſe gele communément par un froid de 8 ou 10 degrés, plus foible par conſéquent que celui de 1709, qui fut de 15 deg. $\frac{1}{2}$. Il eſt ſingulier de pouvoir dire en pareil cas, la riviere ne ſe glace point tout-à-fait, parce qu'il fait trop froid.

Le froid fait glacer non-ſeulement l'eau commune, mais encore toutes les liqueurs qui tiennent de ſa nature, & généralement toutes les matieres où elles ſe rencontrent en ſuffiſante quantité ; cependant ſelon la quantité ou la qualité des ſubſtances qui ſont mêlées avec l'eau, ſa congélation eſt accompagnée de circonſtances différentes, que nous aurons lieu d'obſerver dans l'expérience ſuivante.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut expoſer en plein air, pendant une forte gelée, ou bien plonger dans un mêlange de glace & de ſel, trois tubes de verre mince de 7 à 8 lignes de diametre, fermés par un bout, & remplis l'un d'eau pure, l'autre de vin rouge, & le troiſieme d'eau dans laquelle on aura fait diſſoudre une pincée de ſel commun. On doit obſerver de minute en minute ce qui ſe paſſe dans ces liqueurs, & examiner enſuite la glace de chacune, après l'avoir ôtée de ſon tube.

EFFETS.

1° L'eau pure ſe convertit en glace avant les deux autres liqueurs ; & cette glace, toujours la plus dure & la plus ſolide des trois, ne ſe trouve interrompue que par des bulles d'air.

2° La glace d'eau ſalée eſt plus long-temps à ſe former, elle eſt moins dure, & plus chargée de ſel au centre que vers l'extérieur.

3° Le vin glacé ſe leve par feuil-

XII. LEÇON.

lets aſſez ſemblables à des pelures d'oignon : les premieres de ces couches ſont inſipides & plus dures que celles qui ſont deſſous ; & le centre eſt occupé par une liqueur qui eſt fort ſpiritueuſe.

EXPLICATIONS.

La congélation de l'eau n'étant qu'une union plus intime, & une fixation de ſes parties occaſionnée par l'abſence du feu, qui les tenoit auparavant plus écartées les unes des autres, & mobiles entr'elles ; cet effet doit être plus prompt & plus complet dans l'eau pure que dans toute autre, parce qu'il n'y a rien qui ſupplée à la matiere du feu, pour empêcher que les parties ne s'approchent ; & l'on doit préſumer que la glace d'une eau tellement purgée de toute matiere étrangere, qu'elle ne contînt pas même d'air, ſe feroit plus vîte, & deviendroit plus dure que toute autre.

Par la raiſon du contraire, l'eau ſalée ſe gele plus difficilement ; car les parties de ſel s'oppoſent à l'union de celles de l'eau, comme celles-ci em-

pêchent le ſel de ſe durcir tant qu'il eſt mouillé intérieurement : les particules ſalines cedent enfin à la force qui condenſe l'eau, & qui en rétrécit les pores ; & elles entrent dans la portion qui eſt encore liquide, à meſure qu'elles ſont forcées d'abandonner celle qui devient ſolide : c'eſt pour cela que cette glace n'a point une ſalûre égale par-tout, & que le milieu trop chargé de ſel ne ſe gele point, ou ne prend que très-peu de conſiſtance.

Le vin eſt une liqueur mixte qui contient un peu d'eſprit & beaucoup de flegme. Or de ces deux parties, il n'y a que la derniere qui ſoit de la nature de l'eau, & qui puiſſe ſe geler comme elle : c'eſt pourquoi à meſure que la gelée réunit les parties aqueuſes, & qu'elle les lie enſemble, ce qu'il y a de ſpiritueux entr'elle ſe déplace, & forme une couche de liqueur qui ſépare cette premiere glace d'une autre qui ſe fait plus avant, à meſure que le froid pénetre. Ainſi la partie ſpiritueuſe étant concentrée de plus en plus, ſe trouve ſi abondante vers le milieu, que le peu de fle-

XII. LEÇON.

gme qu'elle peut contenir encore ; ne peut plus se glacer.

APPLICATIONS.

L'expérience qu'on vient de voir ; nous apprend donc en général que l'eau se gele d'autant plus vîte & d'autant plus solidement, qu'elle est moins mêlée avec des matieres capables d'empêcher l'union & la cohérence de ses parties : ainsi l'eau de la mer, à cause du sel qu'elle contient, ne se geleroit point s'il ne faisoit qu'un degré de froid capable seulement de glacer les eaux douces ; les mers du Nord se gelent très-profondément, parce qu'elles sont exposées à un froid d'une plus longue durée, & d'une plus grande âpreté que celles des autres climats ; c'est-là sans doute la principale cause de leur congélation ; mais on peut ajouter encore que leurs eaux sont communément moins chargées de sels. La boue des rues, lorsque la gelée commence, est toujours moins dure que la glace, parce que l'eau s'y trouve mêlée avec une grande quantité de terre qui rend sa congélation plus difficile.

Les crêmes & les liqueurs glacées qu'on sert sur les tables, sont toujours chargées de sucre, ou bien elles sont spiritueuses; & c'est une des raisons pour lesquelles on ne peut les faire prendre que par un degré de froid beaucoup plus grand que celui qui suffiroit pour la congélation de l'eau commune : & comme ces liqueurs portent plus ou moins de sucre les unes que les autres, que celles-ci sont moins spiritueuses, celles-là davantage, il arrive que quand on ne pousse point leur refroidissement au-delà de la simple congélation, il y en a qui sont sensiblement plus froides les unes que les autres, quoique chacune d'elles n'ait que le degré qu'il lui faut pour être glacée.

Il est passé en usage, parmi les Physiciens, de regarder comme un terme fixe le degré de froid qui est nécessaire, & qui suffit pour geler l'eau. M. de Reaumur l'a marqué par zéro aux thermometres comparables dont il nous a donné la construction; & il part delà pour compter les degrés de dilatation ou de chaud en montant, & ceux de condensation

XII. LEÇON.

ou de froid en defcendant. Ene ffet, en quelque temps & en quelque lieu qu'on ait plongé ces inftruments dans de la glace ou de la neige qui commence à fondre, ou dans de l'eau qui commence à fe geler, jufques à préfent l'expérience a fait voir que la liqueur revient toujours au fil auprès duquel eft marqué zéro, & vis-à-vis, *terme de la glace*, ou *congélation de l'eau*: ce qui prouve qu'on a raifon de regarder comme invariable le degré de froid qui commence à faire geler l'eau. Ce principe n'eft pourtant recevable qu'à condition que le froid agiffe fur une eau pure, ou qui ne foit point chargée de quelque matiere capable, par fa quantité ou par fa qualité, d'en retarder la congélation; car fi l'on plongeoit un thermometre dans de l'eau falée, par exemple, jufqu'à ce qu'elle commençât à fe convertir en glace, la liqueur de l'inftrument feroit alors plus bas que zéro, par les raifons que nous avons dites ci-deffus. Avec cette attention, on aura donc un terme fixe, que je crois plus commode & plus fûre que tout autre, quoi qu'en dife l'Auteur anony-

me d'une brochure * qui parut ici en 1741, & dans laquelle on propose la température des souterreins profonds comme un terme préférable à celui de la glace : ces souterreins se trouveront-ils aussi commodément & aussi universellement que la glace ou la neige ? quand on les trouveroit ; comment sera-t-on sûr qu'ils sont tous d'une température égale, puisque, sur le témoignage de M. Cassini, les caves même de l'Observatoire en changent sensiblement ?

* *Description de la méthode d'un thermometre universel.*

L'eau des mares qui se trouve souvent mêlée avec l'urine des animaux, avec les parties grasses ou salines des matieres, tant animales que végétales, qui s'y sont pourries : ces eaux, dis-je, lorsqu'elles se glacent, représentent fort souvent des figures bizarres, des desseins qui ont quelques ressemblances avec les ouvrages de l'art, ou même avec ceux de la nature ; l'imagination acheve d'en faire des merveilles ; pour peu qu'on se frappe de ces accidents, on y voit des dentelles, des arbres, des animaux, &c. il n'en a point fallu davantage pour faire naître un systême : certains

XII. LEÇON.

Auteurs ont prétendu que l'eau dans laquelle une plante a péri, qui en contient par conséquent les principes les plus fixes, ou que la lessive même de ses cendres, venant à se glacer, en représente fidelement l'image : cette espece de résurrection ou *palingénésie* est une chimere que M. l'Abbé de Valmont * a prise fort à cœur, mais qu'il n'a point prouvée ; car une seule expérience ne suffit point, il faut qu'en la répétant plusieurs fois le même résultat se soutienne constamment ; & c'est ce qu'on ne trouve dans aucun Auteur digne de foi. Ce que disent Boyle & le Chevalier Digby, en faveur de la palingénésie, tombe de soi-même ; car le premier met ce prétendu phénomene au rang des expériences qui ne réussissent point, & l'autre l'appelle un jeu de la nature : c'en est un véritablement, qui s'explique en disant que les parties de la glace s'arrangent entr'elles relativement à la quantité & à l'ordre des corps étrangers, qui se trouvent mêlés dans l'eau, & qui interrompent ou retardent plus ou moins la congélation ; ou bien encore selon les routes

* *Curiosité de la nat. & de l'art, sur la végét. l'agriculture, &c.*

tes que prend la matiere du feu, qui s'évapore de l'eau à mesure que celle-ci perd sa fluidité.

Les fruits se gelent & se durcissent, comme on sait, pendant les hivers qui sont un peu rudes; & lorsque le dégel arrive, ils ont perdu leur goût, & le plus souvent on les voit tomber en pourriture : ces désordres viennent de ce que leurs sucs sont des liqueurs dont l'eau fait une grande partie; la gelée les décompose comme le vin de notre expérience, & les parties aqueuses deviennent des petits glaçons dont le volume augmente, qui brisent & qui crevent les petits vaisseaux dans lesquels ils sont renfermés.

Il arrive quelque chose de semblable aux animaux mêmes qui habitent les pays froids : c'est une chose assez commune d'y voir des gens qui ont perdu le nez ou les oreilles, pour avoir été exposés à une forte gelée : ces accidents sont plus rares dans les climats tempérés; mais on en voit cependant de temps en temps des exemples.

Quand les corps organisés ont été

XII. LEÇON.

gelés, on ne peut eſpérer de les ſauver qu'en les faiſant dégeler fort lentement, en les tenant, par exemple, quelque temps dans la neige avant que de les expoſer à un air doux, afin de donner le temps aux parties de reprendre l'ordre qu'elles ont perdu; ſans cette précaution, la fluidité revenant aux parties à qui elle convient, avant que les vaiſſeaux qui ont été forcés ſoient conſolidés, les ſucs ou les humeurs s'extravaſent ou bien leurs principes demeurent déſunis.

Il n'en eſt point du froid qui fait geler l'eau pure, comme du degré de chaleur qui la fait bouillir dans un vaſe ouvert. L'eau qui bout ne devient jamais plus chaude; mais celle qui eſt parvenue à la congélation, peut devenir beaucoup plus froide, de deux manieres: premiérement, ſi elle demeure expoſée à une gelée qui augmente de plus en plus; car alors elle ſe refroidit autant que l'air qui la touche, & cet effet lui eſt commun avec tous les autres corps qui y ſont expoſés comme elle: ſecondement, ſi on la mêle avec certaines matieres qui puiſſent la pénétrer, & qu'elle pénetre

elle-même en se fondant. Les sels concrets, c'est-à-dire, ceux qui ont la consistance de solide, sont connus pour avoir spécialement cette propriété : mais ils ne sont pas les seuls ; plusieurs liqueurs refroidissent la glace comme eux, & même davantage. Quant au refroidissement qui vient de l'athmosphere, il suffit, pour s'en convaincre, de plonger dans la glace ou dans la neige qui est exposée à l'air un thermometre, lorsqu'ayant été exposé de même, il se trouve de plusieurs degrés plus bas que le terme de la congélation ; car cette immersion ne faisant point remonter la liqueur, on voit évidemment que le froid est le même dans l'eau gelée que dans l'athmosphere ; c'est-à-dire, plus grand que celui qui suffit pour glacer l'eau simplement. Je ne m'arrêterai donc qu'aux refroidissements artificiels, à ceux que l'on fait, en mêlant avec la glace des sels ou quelqu'autre matiere.



XII. Leçon.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On entoure de glace pilée ou de neige la boule d'un petit thermometre placée dans un vaiſſeau : on attend que la liqueur ſe ſoit fixée au terme de la congélation : alors ſi l'on jette deſſus la glace une once ou deux de quelque ſel que ce ſoit :

EFFETS.

Peu de temps après, le fond du vaſe ſe remplit d'eau ſalée, & l'on voit deſcendre la liqueur du thermometre au-deſſous du terme où elle s'étoit fixée.

EXPLICATIONS.

De la glace qui ſe fond en ſe refroidiſſant, qui ceſſe d'être, par un plus grand froid, ce qu'elle ne peut être que par le froid même, eſt un phénomene ſingulier, & qu'il n'eſt pas facile d'expliquer : les difficultés augmentent encore, quand on s'arrête aux idées que la plupart des Phyſiciens ſe ſont faites de la nature des

fluides : car si leur état consiste dans un mouvement actuel, & que l'eau se refroidisse par le mêlange des sels, parce que ses parties, comme fixées par les particules salines, ne peuvent plus se mouvoir avec la même vîtesse qu'auparavant ; * comment ces mêmes sels mêlés avec la glace font-ils renaître la liquidité ? Est-ce que, contre leur coutume, ils y raniment le mouvement ? ou bien le froid qui augmente n'est-il plus le signe du mouvement rallenti ? Pour moi, comme je l'ai déjà dit plusieurs fois, ne voyant nulle nécessité d'admettre cette agitation particuliere & actuelle dans les liquides, je m'en tiens toujours à la mobilité respective de leurs parties, que je regarde comme la seule condition essentielle à cet état. Je ne crois pas non-plus que les sels qui sont dissous dans l'eau, puissent par eux-mêmes en fixer les parties, & les empêcher de rouler les unes sur les autres ; puisqu'au contraire les eaux salées ne se glacent que difficilement.

* *Mém. de l'Ac. des Sc.* 1700, p. 114.

Je conjecture donc que le refroidissement de la glace, par le mêlange des sels, se fait à peu près comme ce-

XII. LEÇON.

lui de l'eau ; l'humidité pénetre le ſel, le diviſe & le met en état de faire la même choſe à l'égard de la glace ; les deux matieres ſe pénetrent mutuellement à meſure qu'elles ſe fondent, & les parties de l'une parcourant rapidement les pores de l'autre, en chaſſent pour un temps la matiere du feu qui s'y trouve encore ; & delà il naît une plus grande privation de chaleur dans le mêlange : j'appuie cette penſée ſur les obſervations ſuivantes.

1° Quand les grains de ſels qu'on mêle avec la glace ſont gros & bien ſecs, on entend pétiller & craquer tout le mêlange ; & l'on apperçoit aſſez ſouvent de petits éclats de glace qui s'élancent ou qui ſautent, ce qui dénote que la pénétration ſe fait avec violence, & que les deux matieres n'agiſſent pas ſeulement l'une ſur l'autre par les ſurfaces.

2° A meſure que le refroidiſſement ſe fait, il s'amaſſe au fond du vaſe une eau qui eſt chargée de ſel ; ce qui marque une fuſion réciproque des deux matieres, & cette condition eſt ſi néceſſaire, que quand on y met obſtacle, le mêlange demeure ſans effet,

comme je l'ai éprouvé moi-même d'après M. de Reaumur, en mettant ensemble de la glace & du sel que j'avois desséchés par un froid de 12 ou 14 degrés; dès qu'il n'y a point d'humide pour fondre le sel, & pour le mettre en état d'entamer la glace, l'un & l'autre mêlés ensemble, demeurent au même degré de froid qu'ils ont acquis séparément. Mais si l'on répete la même expérience en employant de l'esprit de nitre ou de sel marin, au lieu de sel concret, le refroidissement augmente considérablement, parce que cette liqueur saline est toujours en état de pénétrer la glace. En procédant ainsi, on peut faire un froid artificiel qui égale presque deux fois celui du fameux hiver de 1709, ou qui représente dans ces climats, la gelée qui regne assez communément en Laponie.

3° Pendant tout le temps que la glace se refroidit, & que les deux matieres se pénetrent réciproquement, on observe autour du vase qui contient le mêlange, une vapeur épaisse qu'on peut attribuer, avec assez de vraisemblance, au feu qui s'exhale,

XII. LEÇON.

& qui emporte avec lui des parties aqueuſes qui ſe ſont trouvées expoſées à ſon choc.

Mais, dira-t-on, ſi la matiere du feu eſt la cauſe générale de la fluidité, & que l'eau ne devienne glace que quand elle en eſt dépourvue à un certain point, comment ſe peut-il faire qu'une plus grande diſette de cette matiere, rende la glace liquide ?

Je réponds à cette difficulté, que ce n'eſt point parce qu'il y a moins de feu dans la glace qu'elle ſe convertit en eau, mais parce qu'on ſubſtitue au feu qui en eſt ſorti, & qui continue de s'exhaler, une autre matiere qui ſe loge entre les parties, & qui les rend mobiles les unes à l'égard des autres. Quoique le feu ſoit la cauſe la plus générale de la liquidité, il n'eſt point la ſeule qui puiſſe faire naître ou entretenir cet état : il ſuffit qu'une matiere interpoſée empêche les parties d'un corps de ſe joindre, & qu'elle ne leur ſerve pas de lieu commun ; ce corps auſſi-tôt eſt un fluide, quelque degré de froid qu'il ait d'ailleurs ; c'eſt ainſi que les eſprits de vin, de ſel, de

nitre, &c. mêlés avec l'eau en ſuffiſante quantité, empêchent ſa congélation, & lui rendent ſa fluidité quand elle l'a perdue; les ſels extrêmement diviſés par la diſſolution, produiſent le même effet, & par la même raiſon. XII. LEÇON.

A cette occaſion, nous remarquerons un fait qui eſt fort ſingulier: l'eſprit-de-vin mêlé avec la glace la fait fondre & la refroidit conſidérablement: ſi on le mêle avec de l'eau, il fait tout le contraire; le mêlange devient ſenſiblement plus chaud que ne l'étoient les deux liqueurs avant leur union. Ces deux effets qui ſont ſi fort oppoſés, dépendent de bien peu de choſe; car un degré de plus ou de moins fait que de l'eau devient glace, ou que la glace retourne en eau: cependant on ne peut s'en prendre qu'à cette différence d'état; & s'il eſt permis de conjecturer, quand on manque de raiſons évidentes, voici comment j'eſſaierois d'expliquer ce double phénomene.

Le mêlange de glace & d'eſprit-de-vin ſe refroidit, parce que ces deux matieres ſe pénetrent réciproquement, & que l'une enfilant les po-

XII. LEÇON.

res de l'autre, en chasse la matiere du feu, comme je l'ai dit ci-dessus à l'égard du sel ; la double pénétration que je suppose ici paroît prouvée d'ailleurs ; car M. de Reaumur a fait voir * que le volume de l'eau & de l'esprit-de-vin mêlés ensemble, n'égale point celui que ces deux liqueurs ont séparément ; il faut donc qu'en s'unissant, elles se logent l'une dans l'autre. Mais quand une liqueur en pénetre une autre, & qu'elle chasse devant elle la matiere du feu qu'elle rencontre dans les pores, elle frotte nécessairement les parois de ces mêmes pores, dont les parties extrêmement mobiles se mettent à tourner sur elles-mêmes sans se déplacer ; & si la pénétration est réciproque, il doit naître dans tout le mêlange un mouvement intestin, une sorte de fermentation qui ne va guere sans chaleur, parce que le peu de feu qui reste se trouve animé par cette agitation : ainsi l'esprit-de-vin refroidit la glace, parce qu'en la pénétrant il n'opere qu'une plus grande disette de feu ; mais il échauffe l'eau, parce qu'en lui faisant perdre une partie de son feu, il pro-

* *Mém. de l'Ac. des Sc. 1733, p. 168.*

cure à celui qui reste une augmentation de mouvement qui supplée à la quantité qui manque.

APPLICATIONS.

Pour faire glacer la crême, les liqueurs & les fruits, on se sert pendant l'été, dans les offices, & chez les limonadiers, de la glace qu'on a gardée dans des souterreins, & qui n'a plus que le degré de froid nécessaire pour être dans cet état ; si on l'employoit seule, elle ne pourroit point faire geler de l'eau pure, ni à plus forte raison des matieres grasses, spiritueuses, & chargées de sucre, parce qu'en communiquant de son froid, elle reçoit une partie de la chaleur du corps qu'elle refroidit ; & l'un & l'autre après cette communication réciproque, demeurent toujours moins froids que de la glace qui n'est point fondue ; on est donc dans l'usage de la refroidir artificiellement, en y mêlant quelque sel ; celui qu'on emploie le plus communément est le sel qu'on tire de la mer, ou des mines, pour assaisonner les aliments ; on en met environ une partie contre deux de glace

XII. LEÇON.

pilée, on mêle promptement l'un avec l'autre, & l'on y plonge un canon de fer-blanc ou d'argent qui contient la liqueur qu'on veut faire glacer. Quand on veut hâter cette congélation, il faut agiter continuellement le vaiſſeau, & ratiſſer la glace à meſure qu'elle s'attache aux parois intérieures, afin que les parties qui ſont vers le centre, changent de place, & viennent à leur tour à l'endroit où regne le plus grand froid. Ces mouvements procurent encore un autre avantage; ils empêchent que la liqueur qui ſe gele ne ſe convertiſſe en glaçons, & ils ne lui laiſſent prendre que la conſiſtance de neige. On a raiſon de ſouhaiter que cela ſoit ainſi; car comme l'eau qui ſe gele tranquillement ſe deſſaiſit en partie des matieres étrangeres qu'elle contient, ces ſortes de liqueurs en ſe glaçant en repos ſe décompoſeroient, & leurs glaçons ſe trouveroient toujours preſque inſipides. La doſe du ſel qu'on doit employer avec la glace pour la refroidir, n'eſt point une choſe indifférente; ſi l'on n'en met point aſſez, la pénétration mutuelle d'où dépend le

refroidiſſement, n'eſt ni aſſez prompte, ni aſſez complette ; ſi l'on en met trop, ce qui ne ſe fond point, eſt un corps étranger, qui, toujours plus chaud que la glace, la fait fondre par le ſeul attouchement des ſurfaces, & par conſéquent ſans la refroidir. Pour éviter ces deux inconvénients, on doit prendre pour regle de mêler avec la glace à peu près autant de ſel que l'eau la plus froide en peut diſſoudre.

Dans les pays de gabelles où le ſel marin coûte 10 ſols la livre, des raiſons d'économie ont fait chercher quelqu'autre ſel de moindre prix, qu'on pût lui ſubſtituer pour refroidir la glace : on s'eſt ſervi avec ſuccès du ſalpêtre le plus commun, de celui de la premiere cuite, c'eſt-à-dire, qui n'a encore eu qu'une façon, & qu'on peut avoir pour 6 ou 7 ſols la livre. La réuſſite de cette épreuve, & l'opinion où l'on eſt qu'il y a dans l'air des parties nitreuſes qui ſont la principale cauſe de ſon refroidiſſement, ont fait préſumer que le ſalpêtre étoit le plus puiſſant de tous les ſels pour refroidir la glace ; ce ſentiment eſt

XII. LEÇON.

devenu fort commun, & quelques Savants même l'ont avancé ſans preuves : mais M. de Reaumur ayant examiné *, le thermometre à la main, la valeur de chaque ſel pour cet effet, a reconnu que le ſalpêtre par lui-même ne procure qu'un foible refroidiſſement, & que lorſqu'il en opere un plus grand, c'eſt moins en qualité de ſalpêtre qu'en vertu du ſel marin avec lequel il eſt mêlé, & dont on le dépouille par la ſeconde & par la troiſieme cuites.

* *Mém. de l'Ac. des Sc.* 1734. p. 167.

Par cette épreuve non-ſeulement on corrige une erreur qui commençoit à gagner ; mais on nous fournit un moyen aſſez ſimple, & plus ſûr que ceux qui ſont en uſage, pour connoître la meilleure poudre à canon ; car comme le ſalpêtre en fait la principale partie, & que le ſoufre & le charbon qui n'y entrent qu'en petite quantité, ne ſont point capables de refroidir la glace ; il eſt évident que de pluſieurs ſortes de poudres celle-là doit paſſer pour la meilleure qui fait prendre à la glace un moindre refroidiſſement, car c'eſt une marque qu'elle eſt faite avec le ſalpêtre le

plus raffiné, le plus dépouillé de ſel marin.

Le ſalpêtre non-raffiné, ou le ſel qu'on en tire, & qu'on n'emploie point aux uſages ordinaires à cauſe de l'amertume qui lui reſte, ne ſont pas les ſeules matieres dont on puiſſe ſe ſervir pour refroidir la glace, au lieu du ſel qu'on achete aux gabelles. Si l'on veut épargner la dépenſe, on peut employer la ſoude, non pas celle qui vient d'Alicante, & qui en porte le non, mais une autre eſpece qu'on appelle *Varec*, qui ſe fait communément ſur les côtes de Normandie, & qui n'eſt autre choſe que la cendre de l'*Algue*, & de quelques autres plantes marines qu'on y brûle en grande quantité. Cette ſoude la moins bonne de toutes, & la moins eſtimée dans le commerce, ne coûte que 2 ſols la livre, & elle refroidit aſſez la glace pour tenir lieu de ſel marin, & même pour lui être préférée à certains égards; car quoiqu'elle faſſe un refroidiſſement moins grand que lui, dans tous les cas où l'on ne ſe pique point d'opérer en 5 ou 6 minutes, elle exige moins de ſoins, pour empêcher qu'il

XII. LEÇON.

ne se fasse des glaçons, & elle conserve plus long-temps bonnes à prendre les liqueurs qu'elle a converties en neige.

Comme l'évaporation du feu qui passe de l'eau dans l'air, à mesure que l'athmosphere se refroidit, occasionne la congélation, aussi lorsque le feu se ranime dans l'air, & qu'il rentre dans la glace en suffisante quantité, il la fait fondre, il lui rend sa premiere fluidité ; & c'est ce qu'on nomme *dégel*. Le feu, pour produire ce dernier effet, agit non-seulement par lui-même, mais encore par les parties solides des corps qu'il anime, & qui ont plus de prise que lui-même sur la glace ; par conséquent à chaleur égale, la glace se fond d'autant plus vîte qu'elle est touchée par des matieres plus denses : sa dissolution se fait donc plus promptement dans l'eau que dans l'air ; aussi remarque-t-on que le dégel n'est jamais plus général, & ne fait des progrès si rapides, que par un vent du Sud, parce qu'alors l'air est communément plus doux & plus humide.

Quand le dégel est commencé,

s'il ſurvient une nouvelle gelée, l'humidité abondante qui mouille la ſurface de la terre & le pavé des rues, devient une glace continue qu'on nomme *verglas*, & ſur laquelle il eſt difficile de marcher, parce que ſe conformant aux inégalités du terrein, elle préſente continuellement aux pieds des plans différemment inclinés & fort gliſſants.

L'eau qui dégoutte des toits & des endroits qui ont été couverts de neige dans ces ſortes d'occaſions, forme des glaçons pendants qui prennent différentes figures, ſuivant les circonſtances qui accompagnent ces écoulements & le degré de froid qui les ſaiſit.

Mais un des plus funeſtes effets de ces faux dégels, c'eſt d'abreuver d'eau les terres enſemencées; car auſſi-tôt que la gelée ſurvient, la racine du grain & ſa tige naiſſante ſe trouvent envelōppées de glace qui les froiſſe, qui les coupe, & qui ſouvent les fait périr.





XIII. LEÇON.

De la nature & des propriétés du Feu.

XIII. Leçon.

Ce que le vulgaire appelle *Feu*, n'est à proprement parler qu'un corps embrasé, dont les parties se désunissent ou s'évaporent en fumée, en flamme, en vapeur, &c. mais cette espece de dissolution, cet embrasement que l'on connoît tant, & sur lequel le commun des hommes réfléchit si peu, n'est encore aux yeux du Physicien que l'effet (toujours admirable) d'une cause secrete qui pique extrêmement sa curiosité, & qui se dérobe à ses recherches. Comme les objets nous échappent, quand nous les considérons de trop loin, aussi ne les voyons-nous que confusément quand nous en sommes trop près : le feu naît avec nous, il pénetre notre propre substance, ses effets nous suivent par-tout; rien ne nous est plus familier, & c'est peut-être une des

raiſons qui nous empêchent de connoître ſa nature, & qui font que la Phyſique la plus éclairée ne peut encore offrir que des probabilités ſur cette grande queſtion. Après une étude de deux ou trois mille ans, après les méditations des Deſcartes, des Newton, des Malbranche; après les obſervations & les expériences des Boyle, des Boerhaave, des Reaumur, des Lemery, &c. nous en ſommes encore à ſavoir définitivement ſi le feu eſt une matiere ſimple, inaltérable, deſtinée à produire par ſa préſence ou par ſon action, la chaleur, l'embraſement, la diſſolution des corps; ou bien ſi ſon eſſence conſiſte dans le mouvement ſeul, ou dans la fermentation des parties qu'on nomme *inflammables*, & qui entrent comme principes, en plus ou moins grande quantité, dans la compoſition des mixtes.

A la vérité cette derniere opinion n'a plus guere de partiſans, & ceux qui la ſoutiennent encore attribuent communément, ou à l'éther, ou à la matiere ſubtile le mouvement primitif, ce mouvement inteſtin des parties, en quoi ils font conſiſter la na-

XIII. LEÇON.

ture du feu, ce qui rapproche beaucoup les deux ſentiments.

Puiſqu'il faut donc revenir à une matiere qui eſt comme le principe du feu, & ſans laquelle le mouvement qui lui eſt propre n'auroit pas lieu, j'aime autant dire avec la plupart des Phyſiciens, qu'il y a dans la Nature un fluide propre à cet effet, créé tel dès le commencement, & qui n'a beſoin que d'être excité pour agir : que ce ſoit l'éther, que ce ſoit le premier ou le ſecond élément de Deſcartes, c'eſt ce que je n'examine point ici; le nom n'y fait rien : & comme la Nature ne produit les êtres qu'avec épargne, tandis qu'elle multiplie leurs propriétés avec profuſion, je ſuis très-porté à croire que c'eſt la même matiere qui brûle & qui éclaire, qui nous fait ſentir la chaleur & voir les objets ; en un mot, que le feu & la lumiere conſidérés dans leur principe, ſont une ſeule & même ſubſtance différemment modifiée. Développons cette idée, & tâchons d'en tirer les explications des phénomenes que nous avons à examiner dans cette Leçon & dans celle qui la ſuit.

Pour ce qui concerne le feu, j'examinerai d'abord quelle peut être ſa nature, & comment ſon action ſe diſtribue aux parties des corps qui la reçoivent. J'expoſerai enſuite les différents moyens par leſquels on excite cet élément pour le faire agir : & enfin, je ferai voir à quoi ſe réduiſent ſes principaux effets, & j'en ſuivrai les différents progrès ; ce qui donnera lieu à quatre Sections, dans leſquelles je comprendrai tout ce que j'ai à dire ſur cette matiere.

En traitant, ſuivant la méthode à laquelle je me ſuis aſſujetti dans tout cet Ouvrage, & qui m'a paru la plus propre à éclairer l'eſprit dans la recherche des vérités phyſiques ; en traitant, dis-je, par voie d'expérience, d'une matiere que ſon extrême ſubtilité dérobe à nos ſens, & que nous ne pouvons guere connoître que par les différents rapports qu'elle a avec des objets plus ſenſibles, & par les changements qu'elle peut cauſer dans les autres êtres matériels, il ſeroit peut-être plus naturel de faire précéder tout ce que nous pouvons ſavoir de l'action réciproque du feu ſur les

XIII. LEÇON.

corps, & des corps ſur lui, avant que de rien prononcer ſur ſon eſſence & ſur ſa maniere d'être ; mais lorſqu'il s'agira d'expliquer comment certains procédés mettent le feu en mouvement & augmentent ſa force, ou pourquoi il en réſulte tels ou tels effets en certains cas, je ſerai ſouvent obligé d'employer des idées qu'il eſt à propos d'avoir au moins expoſées précédemment ; & c'eſt ce que je me propoſe de faire dans la premiere ſection. Une partie des propoſitions que j'y énoncerai paroîtront peut-être moins ſolidement prouvées par les raiſonnements que j'y joindrai, qu'elles ne le feront par les faits que j'aurai à citer dans les ſections ſuivantes ; mais on pourra toujours les admettre comme des ſuppoſitions vraiſemblables, ſauf à ſuſpendre ſon jugement juſqu'à ce que l'expérience vienne à l'appui du raiſonnement.



PREMIERE SECTION.

Examen préliminaire de la nature du feu & de sa propagation.

ARTICLE PREMIER.

De la nature du Feu.

LE Feu considéré dans son principe doit être autre chose que le mouvement intestin des parties échauffées, ou la dissipation actuelle des corps embrasés : car dans l'état naturel, tout mouvement une fois imprimé se ralentit, & cesse enfin d'être sensible, en se distribuant à une plus grande quantité de matiere, comme je crois l'avoir suffisamment prouvé dans la troisieme & dans la quatrieme leçon ; le feu au contraire se communique avec accroissement : nous voyons tous les jours qu'une étincelle devient un incendie. Quand je considere à la fin du jour combien il a fallu de mouvement pour dissiper en flamme, en fumée & en cendres tout le bois que j'ai fait brûler dans ma

XIII. LEÇON.

cheminée, il s'en faut bien que je le trouve, tout ce mouvement, dans le choc du caillou & du morceau d'acier par le moyen duquel a on allumé mon feu le matin. Il y a donc une cause indépendante des parties combustibles, qui non-seulement entretient la premiere inflammation, mais qui facilite encore ses progrès, une cause dont l'action devient plus libre & plus puissante par ses propres effets.

Cette cause doit être une matiere: peut-on la soupçonner d'être autre chose sans s'écarter des idées les plus généralement reçues, sans donner dans des fictions qui auroient peine à s'accorder avec un raisonnement méthodique, ou sans mettre en jeu la toute-puissance du Créateur, ce qu'on ne doit faire qu'avec beaucoup de réserve, pour ne pas risquer de lui attribuer des chimeres? On verra dans toute cette Leçon, & dans la suivante, que le feu agit immédiatement & localement sur les corps organisés & autres, qu'il se divise & se partage entr'eux, qu'il se contient dans des limites, qu'il reçoit du mouvement, & qu'il en communique:

nique : tous ces caracteres n'annoncent-ils pas clairement une ſubſtance matérielle ? & l'être qui en eſt revêtu ne peut-il pas ſans aucune difficulté ſe ranger dans la claſſe des fluides ſubtils, de même que l'air, l'éther, &c. ſur le genre & ſur l'exiſtence deſquels il n'y a point de conteſtation ?

Boerhaave qui a traité du feu * très-ſavamment, & d'une maniere plus complette qu'aucun Auteur que je ſache, en admirant la prodigieuſe ſubtilité de cet élément, obſerve que quelques Phyſiciens, frappés auſſi de cette merveille, l'ont pris pour un eſprit, plutôt que pour un corps : *ut ab aliis pro ſpiritu verius quam pro corpore ſit agnitus.* Mais on auroit tort de croire que ce ſavant Chymiſte ait voulu ſouſcrire à cette doctrine ; puiſqu'au contraire dans la ſuite de ſon Ouvrage * il établit ſolidement & par des preuves d'expérience, que le feu conſidéré même dans ſon principe, (*ignis Elementalis*,) eſt véritablement une matiere à part, & diſtinguée des autres à la vérité, mais qui doit être compriſe dans la claſſe des êtres purement matériels.

* *Elem. chemiæ Tom. I. page 68.*

* *Ibid. p. 203.*

Cet habile homme, exercé dès ses premieres années à juger de la nature des substances, par la connoissance qu'il savoit si bien acquérir de leurs attributs & de leurs propriétés, n'a point balancé sur celle du feu, quoiqu'il crût avec plusieurs autres Savants, que cette matiere n'a pas, comme les autres corps sublunaires, la tendance déterminée de haut en bas, qu'on nomme pesanteur; opinion combattue par les arguments les plus forts, mais qui a cependant frappé quelques esprits métaphysiciens jusqu'au point de leur faire imaginer en faveur du feu une classe d'êtres mitoyens entre l'esprit & le corps, une demi-matérialité. Car, disent-ils, la gravité étant une propriété de la matiere, si le feu n'est point grave, il n'est point pure matiere.

Il est vrai que nous ne connoissons point de corps appartenant à la terre, qui n'ait une tendance vers le centre de cette planete; mais on ne peut pas dire pour cela que la pesanteur soit un attribut essentiel à la matiere, qu'une substance ne puisse être matérielle sans être pesante; le feu pourroit être

un fluide, ſi généralement répandu dans la nature, qu'il n'appartînt pas plus à une planete qu'à une autre, qu'il n'eût aucune tendance particuliere & déterminée, & qu'il affectât ſeulement de ſe répandre uniformément, & de ſe mettre en équilibre avec lui-même par un effort qui ſeroit tout autre que celui de cette peſanteur dont il eſt ici queſtion, ce qui n'empêcheroit pas qu'il ne fût une vraie matiere.

Mais avant que d'en venir à cette raiſon, on ne doit pas convenir, comme d'une choſe décidée, que le feu n'ait point de peſanteur; on peut citer au contraire pluſieurs expériences faites & répétées par mains de maîtres, ſur la foi deſquelles il paroît que certaines matieres ont acquis du poids en acquérant du feu, comme ſi cet élément en eût en effet augmenté la maſſe, en ſe mêlant avec elles, & en ſe logeant dans leurs pores.

Boyle a écrit un Traité tout entier * pour prouver que la flamme eſt peſante; l'Hiſtoire de l'Académie des Sciences, par M. Duhamel, fait mention de pluſieurs minéraux calcinés, dont

* *De ponderabilitate flammæ.*

le poids a été augmenté d'un $\frac{1}{16}$, ou même quelquefois d'un $\frac{1}{10}$ dans l'opération : & c'eſt une choſe connue de tous les ouvriers qui travaillent à la faïance, que l'étain réduit en chaux pour faire cette eſpece d'émail blanc, dont on enduit les vaiſſeaux quand ils ſont fabriqués en terre ; que cet étain, dis-je, ſort du fourneau pour l'ordinaire d'un $\frac{1}{12}$, ou environ, plus peſant qu'il n'y étoit entré.

Je ne diſſimulerai pas que ces expériences ne ſont pas auſſi déciſives qu'on pourroit le croire, ſoit parce qu'on peut ſoupçonner que cette augmentation de poids n'eſt pas cauſée par le feu proprement dit, mais par toute autre matiere qui s'unit aux corps que l'on calcine, & qui peut venir ou de l'air qui les touche, ou des vaiſſeaux qui les contiennent, ou des inſtruments avec leſquels on les agite pendant l'opération, ou bien même du charbon qui ſert d'aliment au feu, ſoit parce qu'on eſt peu d'accord ſur ces faits, & que l'on voit un Boerhaave oppoſer les ſiens à ceux des Lemery & des Homberg ; c'eſt-à-dire,

le pour & le contre soutenu par les plus grands Maîtres.

Mais quand l'expérience n'auroit jamais prouvé d'une maniere certaine que le feu est pesant, on ne peut pas dire qu'elle ait décidé le contraire ; si la balance n'a pas perdu son équilibre quand on a pesé chaud, ce qu'on avoit pesé froid précédemment, il est plus naturel de penser que l'augmentation du poids dans le corps chauffé, n'a point été assez grande pour faire trébucher l'instrument, que de supposer qu'elle ait été absolument nulle, parce que toutes les autres matieres connues ayant de la pesanteur, on ne doit point croire que celle du feu soit exceptée de la loi générale, sans en avoir des preuves positives & évidentes.

D'ailleurs, quand on pese une masse de fer embrasée, comme a fait Boerhaave, est-il bien décidé, & doit-on croire que le feu, s'il est pesant, doive en pareil cas joindre sa pesanteur à celle du métal qu'il embrase ?

Selon le sentiment même de ce savant Physicien, (sentiment qui me paroît très-probable, & dont je donnerai bientôt les raisons) le feu est

XIII. LEÇON.

préſent par-tout, au-dehors comme au-dedans des corps; dans le temps de l'embraſement le feu intérieur de la maſſe de fer, ne differe de celui qui l'environne que par ſa quantité ou par une plus grande action : mais l'un & l'autre communiquant enſemble avec d'autant plus de liberté que les pores du métal échauffé ſont plus ouverts; dans cette ſuppoſition, je dis que le feu ne porte point ſon poids ſur la balance, mais qu'il ſe met en équilibre avec celui du dehors, comme l'eau qui remplit un corps très-ſpongieux ne le charge point de ſon propre poids, ſi ce corps eſt plongé dans de pareille eau; ou, pour uſer d'une comparaiſon plus analogue au fait dont il s'agit, imaginons que je peſe dans l'air libre un ballon creux & rempli d'un air ſemblable à celui qui l'environne, & avec lequel il communique; ſelon les loix de l'Hydroſtatique, établies & prouvées dans notre huitieme Leçon, le bras de la balance ne porte ici que la matiere propre du ballon, moins le poids de la quantité d'air dont cette matiere tient la place.

Et quand bien même on ſuppoſeroit que cet air intérieur eût une action quelconque, pourvu que cette action ne changeât rien à ſa maſſe, ni à la communication libre qu'il a avec l'air environnant, les choſes ſubſiſteroient encore dans le même état.

On me dira peut-être que la comparaiſon peche, en ce que non-ſeulement le feu eſt en action dans le fer échauffé, mais qu'il y en a auſſi une plus grande quantité, que lorſqu'il eſt froid.

Hé bien, faiſons donc entrer dans notre ballon plus d'air qu'il n'y en a, pour conſerver une parité plus parfaite; mais il faut qu'on m'accorde auſſi que le ballon imaginaire devient plus grand, à meſure qu'il y entre plus d'air; car on verra par la ſuite qu'un morceau de métal qui s'échauffe augmente de volume à proportion : alors je ne vois pas pourquoi l'équilibre ne pourroit pas ſubſiſter comme auparavant, ſurtout lorſqu'il s'agit d'un équilibre qui ne peut être altéré ſenſiblement que par une inégalité de poids aſſez conſidérable, à cauſe des imperfections inévitables des inſtruments qu'on eſt

obligé d'employer en pareils cas.

XIII. LEÇON.

Mais si par ces raisons le fer embrasé de Boerhaave n'a pas dû paroître plus pesant, pourquoi l'antimoine & le plomb calcinés de M. Homberg l'ont-ils été d'une quantité si considérable ? & pourquoi toutes les matieres qui éprouvent un même degré de feu, n'augmentent-elles point également en poids ? Voici ce que je réponds à ces difficultés.

Ou l'augmentation de poids dans ces minéraux ne vient point du feu, & alors il faut convenir que la pesanteur de cet élément n'est point prouvée par l'expérience, & s'en tenir à la probabilité fondée sur ce que le feu est une matiere, & que toute matiere connue est pesante; ou bien on peut supposer qu'il y a certains corps où le feu demeure concentré après la calcination, au lieu de s'évaporer comme il fait le plus communément, & dont le refroidissement n'est qu'un simple ralentissement de l'action du feu; ralentissement qui seroit très-compatible avec une plus grande quantité de ce fluide assoupi, & comme fixé par la nouvelle disposition des

des parties qui le renferment, & qui le retiennent. Ne sait-on pas que par la calcination, ou par une simple torréfaction, nombre de matieres deviennent propres à rendre de la lumiere, à fermenter, à s'enflammer, à fulminer même : tous ces exemples, que j'aurai occasion de faire voir dans la suite de ces Leçons, favorisent beaucoup ma derniere hypothese.

Je conclus donc que le feu, considéré dans son principe, est une vraie matiere : premiérement parce qu'il en a les attributs les plus essentiels, l'étendue & la solidité ; secondement, parce qu'il en possede aussi les propriétés les plus communes, comme la mobilité, ce qui est incontestable, & la pesanteur, selon toute apparence.

Cette matiere est un être à part, dont la nature est fixe & inaltérable ; je ne puis croire, comme l'ont pensé quelques Auteurs, que ce soit un mixte résultant de l'assemblage de certaines substances réunies, & animées par un mouvement de fermentation : car il en faudra toujours revenir à expliquer cette espece de mouvement

XIII. LEÇON.

qu'on ſuppoſe, & qui differe des autres, en ce qu'au lieu de ſe repréſenter comme eux avec déchet, ou tout au plus ſans perte, il ſe montre toujours plus grand que la cauſe apparente qui le fait naître. Quand on me dira que des ſels, du ſoufre, de l'air, &c. mêlés enſemble à certaines doſes compoſent du feu, parce que ces matieres fermentent, je n'en ſerai pas mieux inſtruit, ſi l'on ne m'apprend d'où procede ce mouvement de fermentation, qui a la propriété de croître comme de lui-même, & ſans qu'on y applique une nouvelle cauſe. Dans toutes ces matieres qu'on me préſente comme les principes du feu, je ne vois, comme dans tous les autres corps, que de petites maſſes diſpoſées à partager ſeulement une certaine quantité de mouvement qu'une autre maſſe leur imprimera, mais abſolument incapables d'y rien ajouter par elles-mêmes; l'exemple d'un petit ferment qui vient à bout de remuer, de ſoulever une grande quantité de matiere, n'eſt qu'une comparaiſon qui n'éclaircit rien quant au fond,

& qui a beſoin elle-même d'être expliquée.

D'ailleurs, je ne vois pas ces prétendus principes du feu au foyer d'un miroir concave, ni à celui d'un verre lenticulaire, où les pierres ſe calcinent, où les métaux ſe fondent & ſe vitrifient. Dira-t-on que ces rayons raſſemblés ne ſont pas un véritable feu ? ou bien en faudra-t-il diſtinguer de deux eſpeces dans la Nature ? La premiere prétention ſeroit abſurde ; la ſeconde ſeroit ſans fondement.

Le feu élémentaire doit être conſidéré comme un fluide, mais un fluide qui ne ceſſe jamais de l'être : ſes parties, lorſqu'elles ſe mêlent à celles des autres corps, peuvent bien s'unir, ſe fixer, pour ainſi dire, & prendre conſiſtance avec elles, à peu près comme l'air dont on trouve des particules diſſéminées dans toutes les ſubſtances terreſtres ; mais ces mêmes parties n'affectent jamais une pareille union entr'elles, jamais on ne voit la matiere propre du feu, quelque condenſée qu'elle puiſſe être, former une maſſe compacte ; ce cône lumineux & brûlant, dont le ſommet forme le

XIII. LEÇON.

foyer du plus grand miroir ardent, eſt encore plus diviſible, plus liquide que l'air même dans lequel il eſt ; & dès que l'on voile la ſurface réfléchiſſante ſur laquelle ſa baſe eſt appuyée, il diſparoît dans un inſtant, ſans qu'il en reſte aucune marque dans le lieu qu'il occupoit.

Non-ſeulement le feu eſt conſtamment fluide par lui-même, mais il y a toute apparence qu'il eſt la cauſe principale de toute fluidité, comme je l'ai déjà avancé en pluſieurs endroits de cet Ouvrage, & comme il ſera facile de s'en convaincre par les faits que je rapporterai dans la troiſieme Section. C'eſt à l'aide de cet élément que les parties des corps ſe ſoulevent, qu'elles ſe détachent les unes des autres, & qu'elles jouiſſent de cette mobilité reſpective qui diſtingue le corps fluide de celui qu'on nomme ſolide: c'eſt par le ralentiſſement ou par l'abſence de ce même élément que les particules qui étoient mobiles entr'elles, qui rouloient les unes ſur les autres au gré de leur peſanteur, ou de toute autre impulſion, ſe rapprochent, ſe touchent davantage, ſe

lient & prennent consistance.

Ce qui donne un grand poids à cette idée, (qui d'ailleurs est généralement reçue,) c'est que les corps qui se liquéfient par l'action du feu, augmentent de volume, & qu'au contraire ceux qui se durcissent en se refroidissant, diminuent de grandeur ; ce qui doit être nécessairement, si ces deux états (la liquidité & la solidité) sont causés, comme nous le disons, par un fluide étranger qu'on force d'entrer dans une certaine portion de matiere, ou qu'on en fait sortir : car il est naturel que deux quantités de matiere jointes ensemble occupent plus de place que l'une des deux séparée de l'autre.

On pourra m'objecter qu'on voit souvent des corps diminuer de grandeur par l'action du feu ; les rayons du Soleil, en desséchant la boue des rues, la font presque disparoître. Dans les grandes chaleurs on voit la terre s'entr'ouvrir de tous côtés, ce qui vient sans doute de ce que l'étendue de sa surface diminue ; le sel, le sucre, &c. perdent aussi de leur volume dans les étuves.

XIII. LEÇON.

Dans tous ces exemples, & dans une infinité d'autres qu'on pourroit encore citer, le feu a deux effets. Le premier, & qui eſt le plus conſidérable, eſt d'enlever par évaporation l'eau dont ces différentes matieres ſont pénétrées; & cette diminution qui ſe fait de la maſſe, diminution dont il eſt facile de ſe convaincre par l'épreuve de la balance, eſt aſſez grande le plus ſouvent pour occaſionner celle du volume. Le ſecond effet conſiſte à raréfier la matiere propre des corps qui ſe deſſechent en s'échauffant, & cette raréfaction en augmente réellement la grandeur. Le même ſujet devient donc en même-temps plus petit & plus grand à certains égards: plus petit qu'il ne ſeroit s'il conſervoit l'humidité qu'on lui fait perdre; plus grand qu'il n'auroit été ſi le deſſéchement, l'évaporation de l'eau ſe faiſoient par une chaleur plus lente & moins forcée; ainſi dans les cas dont il s'agit, comme dans tous les autres, le feu qui s'introduit dans les corps, en augmente réellement le volume, mais ſouvent cette augmentation eſt plus que compenſée par la diminu-

tion qui ſuit néceſſairement d'une portion conſidérable, retranchée ou enlevée de la maſſe, de ſorte que nos ſens ne ſaiſiſſent ordinairement que ce dernier effet.

Il ſe préſente une difficulté plus ſpécieuſe & plus embarraſſante que celle à laquelle je viens de répondre, dans la congélation de l'eau, dans le fer fondu, & dans quelques autres matieres qui augmentent réellement de volume, en prenant conſiſtance de ſolide; c'eſt-à-dire, en perdant une grande partie du feu dont elles étoient pénétrées. Mais je crois avoir donné des raiſons plauſibles de ces exceptions remarquables dans la Leçon précédente, * c'eſt pourquoi je ne m'y arrêterai pas davantage.

* *Troiſ. ſect. p.* 104.

De tous les fluides que nous connoiſſons par nos ſens, il n'en eſt aucun dont les parties égalent en fineſſe, en ténuité, celles du feu proprement dit : une réflexion très-ſimple peut nous convaincre de cette vérité. L'eau, les huiles, les liqueurs ſpiritueuſes & les plus volatiles; les odeurs les plus pénétrantes, l'air même, au moins celui que nous reſpirons, &

XIII. LEÇON.

qui nous eſt le plus connu, ſe contiennent dans des vaiſſeaux de métal, de verre, &c. pourvu qu'ils ſoient exactement bouchés; & on les en exclût de même: mais on ne connoît aucun moyen d'empêcher que le feu ne paſſe ou ne s'étende d'un lieu dans un autre, aucun moyen de l'aſſujettir & de le fixer lorſqu'il eſt en action; on peut bien modérer ſes mouvements, ralentir ſa marche par l'interpoſition de quelque autre matiere; mais cet obſtacle, quel qu'il ſoit, le laiſſe enfin échapper, ou lui donne accès. La plus groſſe maſſe, le corps le plus compact, le plus dur, le plus froid, en apparence, s'échauffe dans toute ſon épaiſſeur, ſi le feu l'attaque ſeulement par un côté: le poiſſon qui nage au fond de la mer, jouit à la longue de la douce température qui regne dans l'air; & la chaleur moyenne qu'on reſſent à la ſurface de la terre, ſe retrouve dans les ſouterreins les plus profonds.

De quelle dureté, de quelle ſolidité ne doivent point être les particules ignées! Rien ne leur réſiſte, & elles réſiſtent à tout: un diamant qu'on

laiſſe tomber dans le feu s'y dépolit, ſes angles s'y émouſſent : il y perd ſa transparence : tous les mixtes s'y décompoſent, au point que leurs principes, recueillis avec le plus grand ſoin & remis enſemble, ne reprennent jamais la même forme qu'ils avoient avant la déſunion : ces principes mêmes ſe ſubdiviſent encore par un plus grand feu, de ſorte que cet élément peut être regardé avec raiſon comme un diſſolvant univerſel.

S'il agit ſur des matieres plus ſimples, les parties qu'il déſunit pourront bien garder leur premiere forme, quand on les remettra enſemble ; mais il portera leur diviſion au-delà de tout ce qu'on oſeroit penſer, ſi des faits bien conſtants ne ſoutenoient un peu l'imagination. Nous avons fait voir * une très-petite goutte d'eau diviſée, juſqu'à remplir une ſphere creuſe de verre, qui avoit preſque deux pouces de diametre. Mais pour entamer de ſi petits corps, & pour les diviſer à un tel degré, quelle fineſſe & quelle dureté ne doit-on pas ſuppoſer à un agent qui en vient à bout !

* Tom. 4. onz. Leçon. p. 74.

Ce que le feu opere ſur les autres

XIII. LEÇON.

corps, aucun d'entr'eux ne le fait ſur lui : connoît-on quelque matiere qui ait priſe ſur celle du feu ? Outre que l'expérience ne nous offre rien qui nous mette en droit de le penſer, le raiſonnement nous conduit à croire que cela eſt impoſſible ; car puiſque nous voyons cet élément diviſer toutes les ſubſtances ſenſibles ; juſques dans leurs moindres parties, on ne voit pas comment ces parties néceſſairement plus groſſieres que l'inſtrument qui les déſunit, pourroient l'entamer.

La grande dureté des parties ignées réſulte de leur extrême petiteſſe ; car les corps ſont d'autant moins compreſſibles, qu'ils ont moins de pores, & par conſéquent d'autant moins qu'ils approchent plus de la premiere ſimplicité, par le petit nombre des particules qui les compoſent ; on conçoit aiſément qu'un être matériel qui ſeroit un, qui ne ſeroit point compoſé de pluſieurs particules unies dans le même tout ; on conçoit, dis-je, qu'un petit corps de cette eſpece ſeroit véritablement un *atôme*, ne pourroit jamais être entamé, qu'il ſeroit inalté-

rable ; ainſi puiſque les parties du feu élémentaire ſont capables de tout diviſer, & que rien de tout ce que nous connoiſſons, n'eſt impénétrable pour elles, il faut bien que rien ne les égale en fineſſe, en ténuité, ni par conſéquent en dureté, en ſolidité.

Ce qu'il y a de plus admirable, je dirois même de plus effrayant, ſi nous étions moins accoutumés à voir ſubſiſter les choſes telles qu'elles ſont, & ſi nous pouvions ignorer que tous les reſſorts de la Nature ſont modérés par une Sageſſe qui eſt infiniment au-deſſus de nos foibles conceptions ; ce qu'il y a, dis-je, de plus admirable, c'eſt que cet élément qui eſt capable de tout détruire, de tout diſſoudre, réſide par-tout. Il eſt dans l'air que nous reſpirons, & dans lequel nous vivons depuis l'inſtant de notre naiſſance ; il eſt dans la terre ſur laquelle nous marchons ; il eſt dans toutes les ſubſtances que nous touchons, ou qui paſſent dans nos corps par forme d'aliment ; il eſt au-dedans de nous-mêmes, nous n'avons pas un grain peſant de chair ou d'os qui n'en ſoit plus intimement pénétré qu'une

XIII. LEÇON.

éponge ne l'eſt par l'eau, quand elle y eſt plongée. Sa préſence eſt univerſelle & pour les lieux & pour les temps : en quelque endroit du monde qu'on ſe tranſporte, à quelque heure du jour ou de l'année qu'on l'éprouve, on peut rendre le feu ſenſible, ſi l'on emploie les moyens convenables.

On ſait que le thermometre eſt un inſtrument qui indique les degrés de chaud & de froid, ou pour parler plus phyſiquement, les augmentations & les diminutions de la chaleur ; car ce qu'on nomme communément le *froid*, n'eſt qu'un moindre chaud, comme nous le prouverons dans la ſuite : or ſi l'on convient que la chaleur eſt un effet du feu, on ſe perſuadera aiſément que cet élément eſt préſent en tout temps, en tout lieu, en faiſant les réflexions qui ſuivent.

Puiſque dans tous les temps de l'année, & dans tous les lieux du monde, un thermometre expoſé à l'air libre, ſouffre des variations ſenſibles, puiſque la liqueur s'éleve plus ou moins dans le tube, c'eſt une preuve inconteſtable que toujours & par-tout cet inſtrument eſt plongé dans une ma-

tiere qui le fait paroître tantôt plus, tantôt moins plein; & cette matiere n'eſt point l'air qui l'environne, car nous ſavons qu'il ne pénetre point le verre; c'eſt donc un autre fluide plus ſubtil, & ce fluide eſt celui d'où procede la chaleur, puiſque le thermometre ne paroît jamais ſe remplir davantage, que la chaleur n'augmente en même temps; l'air de notre athmoſphere contient donc toujours de cette matiere, que nous appellons feu élémentaire.

Qu'on applique le thermometre à tel autre corps qu'on voudra, ſoit liquide, ſoit ſolide, en quelque temps que ce ſoit, ou la liqueur de l'inſtrument pourra deſcendre, ou elle pourra monter: ſi elle monte, il eſt inconteſtable que cette matiere qui touche le thermometre, a un certain degré de chaleur, qu'elle contient une certaine quantité de feu en action. Si elle deſcend, c'eſt une marque que cette matiere eſt moins chaude, qu'elle contient un feu moins animé que celui du milieu d'où ſort l'inſtrument; mais cette matiere fût-elle de la glace, je ſoutiens qu'elle n'eſt point entiére-

XIII. LEÇON.

ment privée de feu ; car on a vu dans la Leçon précédente, * qu'en y mêlant du ſel on la rendroit plus froide qu'elle n'eſt ; de ſorte que ſi le thermometre avoit été plongé pendant quelque temps dans cette glace refroidie, & qu'on le remît enſuite dans de nouvelle glace toute pure, il s'y réchaufferoit indubitablement, ſa liqueur s'éleveroit dans le tube.

* Troiſ. ſection, p. 139.

Ce que je dis de cette glace ſimple, auroit lieu par rapport à celle qui eſt refroidie par l'addition du ſel, ſi le thermometre ſortoit d'une matiere encore plus froide : & qui ſait quel eſt le dernier terme poſſible de froid, ou pour parler plus exactement, juſqu'à quel point un lieu ou une matiere peut être privée du feu ou de la chaleur ?

Ces épreuves ont le même ſuccès dans le vuide, le thermometre y eſt ſujet à des variations très-ſenſibles ; ainſi l'on peut conclure en toute ſûreté que la matiere du feu eſt partout, puiſqu'il n'y a aucun eſpace connu, plein ou vuide des ſubſtances que nous connoiſſons, où ſon action ne ſe faſſe ſentir.

Mais si la chaleur actuelle n'étoit pas un signe assez certain de la présence & de l'action du feu, on devroit au moins se rendre, quand il se manifeste par l'embrasement, quand il éclate en lumiere : & ne sait-on pas que la nuit comme le jour, & partout où l'on se trouve, on peut faire étinceler deux cailloux ou deux grès que l'on heurte l'un contre l'autre ? que le fer d'un cheval ou la bande d'une roue de charrette qui glisse sur le pavé, y fait communément une trainée de feu ? que les essieux des roues s'enflamment par le frottement, & que la lime du Serrurier met un morceau de métal en état d'allumer du bois ?

Rien ne prouve mieux cette présence universelle du feu, que ces phénomenes admirables que nous offre l'électricité : on ne peut plus douter, sans affecter de l'obstination, que la matiere dont la nature se sert pour opérer ces merveilles, ne soit, (au moins quant au fond) la même que le feu élémentaire; mais cette matiere se trouve par-tout, puisque tout s'électrise ; elle s'y trouve toujours, puisque l'on peut toujours électriser.

XIII. LEÇON.

Quand on s'eſt bien convaincu par l'inſpection des faits, que la matiere électrique & celle du feu ſont eſſentiellement la même choſe, il n'eſt guere poſſible alors d'attribuer la chaleur & l'embraſement au ſeul mouvement des parties propres du corps qui s'échauffe ou qui brûle : car ce fluide qu'on voit couler d'une barre de fer, ou du doigt d'une perſonne électriſée, n'eſt certainement ni du métal ni de la chair ; il eſt même d'une nature tout-à-fait différente de ces ſels, de ces huiles, de cet air, au mélange & à la fermentation deſquels on attribue l'eſſence du feu. Par de pareils extraits, un corps perdroit ſa propre ſubſtance, il s'épuiſeroit enfin ; au lieu que cette matiere enflammée qui s'élance du corps électriſé, & qui allume des liqueurs inflammables, ne paroît tenir preſque en rien aux parties propres du corps d'où elle émane.

On croit aſſez communément que certaines matieres contiennent plus de feu que d'autres, qu'il y en a plus dans le ſoufre, par exemple, dans l'huile, dans l'eſprit de vin, dans la poudre à canon, dans le phoſphore d'urine,

d'urine, que dans bien d'autres corps dont la porosité feroit même égale à celle de ces matieres; & cette opinion eſt très-probable : elle eſt au moins fort commode pour rendre raiſon de la prompte inflammabilité qui diſtingue certaines ſubſtances des autres; & ſans elle, il me ſemble qu'on doit avoir beaucoup de peine à expliquer l'augmentation du poids des métaux calcinés, ſi cette augmentation eſt auſſi réelle qu'apparente.

Cependant Boerhaave, dont l'autorité eſt ici d'un grand poids, n'eſt point de ce ſentiment; il penſe que la matiere du feu eſt uniformément répandue par-tout, dans les ſolides comme dans les milieux fluides, en raiſon des eſpaces qu'elle y trouve à remplir; de maniere qu'un corps inflammable, ſelon lui, ne differe pas d'un autre, parce qu'il contient une plus grande quantité de feu, mais ſeulement parce que ſes parties propres ſont de nature à ſe prêter plus aiſément à l'action du feu, quand elle viendra à être excitée. La raiſon qu'il en donne, & qui eſt très-ſpécieuſe, c'eſt, dit-il, que tous les corps, quand

XIII. LEÇON. ils ont été un temps ſuffiſant dans le même lieu, prennent tous la même température : un thermometre plongé dans l'eau, & enſuite dans l'eſprit-de-vin, ou dans une huile quelconque, ſe tient toujours au même degré ; & cependant il eſt indubitable que ni dans l'une ni dans l'autre liqueur l'action du feu n'eſt entiérement éteinte : comment donc cette action ne ſeroit-elle pas plus grande dans l'eſprit-de-vin que dans l'eau, s'il y avoit un plus grand nombre de parties ignées agiſſantes en même-temps ?

Il eſt certain que ceci forme une difficulté conſidérable : mais on en trouve auſſi de fort grandes dans l'opinion de Boerhaave. Car en ſuppoſant avec lui que l'inflammabilité des corps conſiſte ſeulement dans une diſpoſition de parties plus ou moins grande à ſe mettre en action, quand le feu qu'elles renferment les y ſollicite ; on ſera toujours en peine de ſavoir pourquoi cette puiſſance interne, qui paroît être la même dans tous les corps d'un même lieu, à en juger par le thermometre, n'a pas des effets plus grands & plus prompts

ſur ceux de ces corps dont on croit que les parties oppoſent moins de réſiſtance. Si l'eſprit-de-vin, par exemple, eſt plus inflammable que l'eau, par cette raiſon qu'il eſt compoſé de principes plus diſpoſés à obéir aux efforts du feu qu'il renferme ; pourquoi ces efforts qui ne ſont pas moindres en lui qu'ils le ſont dans l'eau, comme on le ſuppoſe, n'agiſſent-ils pas avec plus d'efficacité ſur ſes parties que ſur celles de l'eau ?

Quelque parti que l'on prenne ſur cette queſtion, on doit donc s'attendre à être arrêté par des difficultés : l'imagination nous offriroit peut-être des moyens pour y répondre ; mais ce n'eſt point d'elle ſeule que nous voulons recevoir des ſolutions ; nous avons réſolu dès le commencement de cet Ouvrage de ne la point écouter, ſi l'expérience ne parle pour elle ; les faits qui peuvent nous éclairer ſur ce qui nous arrête ici, appartiennent à la Leçon qui ſuivra celle-ci ; il convient donc de ſuſpendre notre jugement juſqu'à ce que nous les ayons vus & diſcutés.

Contentons-nous de ſavoir pour le

XIII. LEÇON

préſent que le feu élémentaire, le principe & la cauſe de tous les feux, dont nous faiſons uſage ſelon nos beſoins, eſt une vraie matiere diſtinguée par ſon eſſence de toutes les autres qu'elle anime de ſon propre mouvement : fluide par excellence, & incapable de ſortir de cet état, d'une dureté & d'une ſubtilité ſans pareille & toujours préſente par-tout. Portons enſuite nos réflexions ſur ſa maniere d'être, & concevons, s'il eſt poſſible, comment l'action du feu ſe propage ; par quel méchaniſme ſecret il ſe peut faire qu'un petit embraſement en cauſe un plus grand, comme nous voyons que cela arrive tous les jours.

ARTICLE II.

De la propagation du Feu.

LA propagation du feu, comme je l'ai déjà remarqué, quand elle eſt portée juſqu'à l'inflammation, n'eſt point un phénomene qu'on puiſſe jamais expliquer par la ſimple communication d'une certaine quantité de mouvement déterminée, ſi l'on ne

confidere que le moteur apparent, & que l'on regle ſes raiſonnements ſelon ce qui nous eſt connu des loix que ſuit la nature dans le choc des corps. Quand une matiere s'embraſe par le mouvement qu'on lui imprime par-dehors, il faut de toute néceſſité que le choc ou le frottement, premiere cauſe de ſon inflammation, ſoit aidé par une puiſſance préexiſtante, qui n'attendoit que l'occaſion de ſe manifeſter, par une puiſſance qui eſt comme en équilibre avec la cohérence des parties propres du corps inflammable, & qui devient victorieuſe lorſqu'un pouvoir extérieur vient ébranler ce qui la retient, & lui donner à elle un nouveau degré d'activité. Sans cela tout ce que je vois arriver après le choc d'un caillou tranchant contre un morceau d'acier trempé, l'étincelle qui pétille à mes yeux, l'embraſement de l'amadou, l'inflammation d'une allumette, d'un fagot, d'un bucher tout entier, &c. tout cela me repréſente des effets qui excedent infiniment leur cauſe : & ſi cette cauſe eſt unique, tout ce que j'ai vu eſt miracle ; car c'eſt une loi fondamentale en Phy-

ſique, un axiome reçu de tout le monde, que l'effet ne peut pas être plus grand que ſa cauſe.

Ce fut apparemment cette conſidération qui porta l'Académie des Sciences à propoſer pour le ſujet du prix en 1738, la queſtion *de la nature & de la propagation du feu*; queſtion qu'elle regarda ſans doute comme importante & comme très-difficile, puiſque par la publication de ſon programme elle s'adreſſa à tous les Savants du monde, pour tâcher d'en avoir la ſolution.

De toutes les pieces qui concoururent, trois furent couronnées par l'Académie, & deux autres furent jugées dignes de l'impreſſion; ces deux dernieres auroient peut-être même partagé le prix avec les trois premieres, ſi leurs Auteurs, à l'imitation du ſage Boerhaave, ne ſe fuſſent beaucoup plus occupés des choſes ſur leſquelles on peut conſulter l'expérience, que de la queſtion propoſée, qui étoit cependant le principal objet qu'il falloit remplir dans cette occaſion.

Les trois premieres pieces contiennent des choſes fort ingénieuſes ſur la propagation du feu : on ſent bien

que tout ce qu'on peut dire ſur une telle queſtion, doit indiſpenſablement tenir à quelque hypotheſe; mais j'en trouve une parmi les autres, qui m'a toujours paru ſi naturelle, & quadrer ſi bien avec ce que nos ſens nous apprennent touchant le feu & ſes différents progrès, que je n'ai jamais balancé à lui donner la préférence; cette hypotheſe eſt du célebre M. Euler, alors Profeſſeur de Mathématiques à Petersbourg, & Membre de l'Académie royale des Sciences de Berlin, où il eſt préſentement. C'eſt principalement en ſuivant les idées de ce ſavant Mathématicien que je vais tâcher de faire entendre en peu de mots comment le feu contenu dans l'intérieur d'un corps combuſtible, devient capable d'un effet qui ſurpaſſe en apparence le pouvoir dont on ſe ſert pour le mettre en action.

Il paroît que l'action du feu s'étend dans les corps de deux façons différentes; quelquefois elle n'y cauſe que ce mouvement inteſtin des parties, qu'on nomme *Chaleur* par rapport à nos ſens, & qui ſe paſſe ſans diſſipation notable; tel eſt l'état d'un mor-

XIII. LEÇON.

ceau de pierre ou de métal que l'on plonge pendant un certain temps dans une chaudiere pleine d'eau qu'on a fait chauffer. D'autres fois elle agite tellement la matiere propre du corps dans lequel elle s'exerce, qu'elle en désunit les molécules, qu'elle les enleve & les dissipe, comme on voit qu'il arrive à un morceau de bois que l'on a posé sur des charbons ardents.

Lorsqu'il n'y a qu'une communication de chaleur, tout se passe en apparence conformément aux loix connues ; le corps qui en échauffe un autre, ne donne pas plus, pas même autant qu'il a reçu : & la chaleur acquise l'est toujours aux dépens de celle qu'on emploie pour la communiquer, comme une masse en repos ne reçoit du mouvement qu'en partageant celui d'une autre masse qui l'a choquée. Voilà comme les choses se passent en général ; s'il y a quelques exceptions, quelques particularités à remarquer à cet égard, elles peuvent s'attribuer à des causes accidentelles, & ce n'est point ici le lieu d'en faire mention.

C'est donc principalement pour les cas où il y a embrasement, ou dis-

persion

ſion des parties, que nous devons imaginer à la matiere du feu une ſorte de mouvement, ou de tendance qui la mette en état de faire comme d'elle-même ces progrès ſenſibles qui ſuivent du premier choc qui commence à l'animer. Imaginons donc, ou plutôt expoſons ce qu'on a imaginé, & ſoutenons les poſſibilités que nous aurons avancées, par des exemples qui les rendent intelligibles & vraiſemblables.

Il eſt poſſible, & c'eſt une idée reçue depuis long-temps par les plus habiles & les plus célebres Phyſiciens, * que la matiere du feu ait de ſa nature une force expanſive, c'eſt-à-dire, que chacune de ſes molécules peut être conçue comme un petit ballon comprimé, qui tend à s'étendre de toutes parts, ou comme un aſſemblage de petites parties, qui font effort pour s'écarter l'une de l'autre, & à s'étendre de tous côtés pour occuper un plus grand eſpace, à peu près comme nous voyons que les plus petits globules de notre air s'étendent, & s'agrandiſſent quand on leur en donne lieu.

* *Malebranche, Mém. de l'Ac. des Sc.* 1699, p. 33. *Lemery. Ibid.* 1709. p. 400. *Boerhaave. Elem. Chemiæ,* p. 192.

Tranſportons maintenant cette premiere idée à des corps ſenſibles, &

XIII. LEÇON.

ſuppoſons qu'on ait mis dans un panier une centaine de petits globes de verre creux, remplis d'air comprimé, bien bouchés, & tellement minces qu'à peine ils puiſſent réſiſter à l'effort du fluide qu'ils renferment; ſi par le plus petit accident quelques-uns de ces globes fragiles viennent à être heurtés, on conçoit bien que ce petit choc aidé de la réaction du fluide élaſtique qui eſt renfermé, ébranlera les parties du verre juſqu'à le briſer; & que ſes fragments pouſſés violemment par l'air qui ſe dilate, pourront briſer les globes voiſins, qui par les mêmes raiſons étendront le dommage.

Ne voyons-nous pas quelque choſe d'aſſez ſemblable à cet effet, & de plus analogue au ſujet dont il s'agit, dans l'embraſement ſubit d'une charge de poudre à canon, cauſée par la ſeule inflammation de quelques grains? Chacun de ces grains peut être conſidéré comme un petit ballon extrêmement fragile à l'égard des parties du feu qu'il renferme; car en quoi conſiſte la fragilité d'un corps? C'eſt ſans doute dans la facilité avec laquelle les parties peuvent être déſunies;

or le salpêtre, le soufre, le charbon qui composent la poudre avec l'air qui ne manque pas de s'y mêler, sont toutes matieres que le feu désunit très-facilement, & qui ne peuvent que très-peu résister à son action.

Il y a sans doute une grande disparité dans la comparaison que je fais des grains de poudre avec des globules de verre remplis d'air comprimé, & qui se brisent par un effort extérieur; car l'étincelle qui allume la poudre, n'a probablement son effet que parce qu'elle anime immédiatement le feu que ce grain contient au dedans de lui-même : mais on doit présumer que ce premier ballon que je fais rompre par le choc, se briseroit également si une cause quelconque augmentoit d'un degré seulement la force expansive de l'air qu'il contient, & que les plus prochains éclateroient ensuite si cette premiere portion d'air, en s'échappant de sa prison, faisoit sur les autres ce que la premiere cause a opéré sur elle. En retenant donc cette premiere idée qui naît de notre comparaison; savoir, qu'un corps inflammable, comme un grain de poudre à canon, par

XIII. Leçon.

exemple, eſt un aſſemblage de petites portions de feu dont chacune eſt enveloppée d'une autre matiere non-expanſible par elle-même, mais toute prête à ſe diviſer, dès que l'expanſion du fluide qu'elle contient l'y forcera : en retenant, dis-je, cette premiere idée, voyons comment une étincelle de feu appliquée extérieurement pourra produire cet effet.

On ſe ſouviendra ici que tous les corps ſont poreux, quelque petits qu'ils ſoient, juſqu'aux parties élémentaires excluſivement : que quand pluſieurs particules de matieres s'aſſemblent pour former une petite maſſe, leur jonction n'eſt jamais telle qu'il ne reſte entr'elles de petits vuides à remplir, comme je l'ai expliqué & prouvé dans la ſeconde Leçon. * Ainſi quand nous nous repréſentons une molécule de feu, enveloppée d'une pellicule de ce mêlange dont on fait la poudre, nous devons ſonger que cette enveloppe eſt mal jointe, & que le feu qui en occupe l'intérieur, & qui s'y contient, tant que ſa vertu expanſive n'eſt pas ſuffiſante pour forcer ces paſſages étroits, ne manquera pas de

* *Tome I, page 83, & ſuiv.*

les franchir, si son action vient à augmenter.

Et si cette action augmentée peut bien transmettre les parties ignées du dedans au dehors, elle pourra de même les faire passer du dehors au dedans d'une pareille enveloppe, & animer du même mouvement les portions de feu qui seront enfermées comme elles dans son voisinage.

Ainsi de proche en proche toutes les portions de feu s'animeront, rompront leur enveloppe, en dissiperont les fragments, & se mettront en liberté ; & de toutes les expansions particulieres, il se fera une explosion totale, qui sera plus ou moins prompte, suivant certaines conditions dont je vais parler. Mais avant que d'aller plus loin, il faut que je prévienne une difficulté qui se présente assez naturellement.

Pourquoi, dira-t-on, cette petite portion de feu enveloppée, comme je le suppose, brise-t-elle sa prison, & pourquoi en disperse-t-elle tous les débris, s'il est vrai qu'elle y trouve des passages ouverts pour s'échapper ?

C'est que son activité est beaucoup

XIII. LEÇON.

plus grande que la liberté qu'elle a de s'échapper par ces iſſues trop étroites; ſon exploſion eſt ſans doute un peu moins violente qu'elle ne ſeroit ſi elle étoit plus exactement renfermée; mais elle ne doit pas être nulle : une bombe qui auroit quelques crevaſſes éclateroit, je l'avoue, avec moins de force que ſi elle étoit bien entiere; mais elle éclateroit toujours, comme on le peut croire.

Plus ces petites portions de feu enveloppées de ces véſicules fragiles & poreuſes dont je viens de parler, ſeront nombreuſes dans un même tout; plus elles auront de communication enſemble, plus ce tout ſera combuſtible : la moindre étincelle l'embraſera dans toutes ſes parties, à peine en reſtera-t-il quelques veſtiges. C'eſt ainſi que certaines matieres s'enflamment d'abord, & ſe diſſipent en très-peu de temps.

Mais ſi les enveloppes du feu ont plus de conſiſtance, que leurs pores ſoient trop ou trop peu ouverts, que leur communication ſoit interrompue par des particules de matiere d'une autre eſpece, alors les progrès de l'embra-

ſement ſeront rallentis ; il faudra plus de temps pour que l'action du feu ſe tranſmette ; & quand les parties du mixte les plus propres à céder à cette action auront été diſſipées par l'inflammation, il en reſtera d'autres qui n'auront été qu'échauffées, & qui ſe ſeront conſervées entieres. Allumez de l'eau-de-vie, la partie ſpiritueuſe ſera enflammée & diſſipée : mais l'eau, ou ce qu'on nomme *le flegme*, reſtera au fond du vaſe avec un peu de chaleur qu'elle aura acquiſe. Conſidérez encore ce qui arrive à une buche que l'on met au feu, elle ſe détruit quant aux parties qui peuvent céder à l'action du feu que vous y appliquez : mais il vous reſte dans la cendre la terre & le ſel fixe que ce même degré de feu n'a point entamés.

Ainſi une matiere eſt plus ou moins inflammable, ſelon que le feu qu'elle contient ſe trouve enveloppé de parties plus ou moins promptes à céder à ſon action, & que ces petits aſſemblages ſont moins interrompus par des parties d'une eſpece différente.

Mais ſi le feu eſt préſent par-tout, comme nous le ſuppoſons, il doit y

XIII. Leçon.

en avoir auſſi dans ces particules de matiere qui retardent l'inflammation des autres. On doit auſſi conſidérer ces corpuſcules comme des ballons dont l'intérieur eſt plein de feu ; & comme tout eſt poreux, il y a auſſi une communication ouverte du dehors au dedans ; comment ne crevent-ils pas comme les premiers ? par quelle raiſon reſtent-ils entiers ? en un mot pourquoi l'embraſement & la diſperſion des parties n'eſt-elle pas générale ? Le paragraphe précédent contient en ſubſtance de quoi répondre à cette difficulté. Dans un corps mixte toutes les parties qui renferment du feu dans leur intérieur, ne ſont pas également diſpoſées à céder au même degré d'activité de cet élément : telles ſe briſent & ſe diſſolvent d'abord, tandis que d'autres ou plus conſiſtantes réſiſtent à ce premier effort, ou plus poreuſes peut-être, offrent au feu qui les diſtend des iſſues par leſquelles il peut s'échaper avec une promptitude preſque égale à ſon pouvoir expanſif. Dans la comparaiſon des globes de verre creux nous les avons ſuppoſés tous également fragiles : mais ſi pluſieurs

d'entr'eux avoient cinq ou ſix fois plus d'épaiſſeur, non-ſeulement ceux-ci demeureroient entiers, mais on conçoit auſſi que par leur interpoſition ils pourroient ou empêcher ou modérer la diſſolution des autres.

Mais ces particules de matiere qui réſiſtent communément à la premiere action du feu, ſe déſuniſſent & ſe diſſipent, ou ſe diſſolvent comme les autres, quand cette action dure plus long-temps, ou qu'elle acquiert une plus grande intenſité. Ainſi les parties les plus fixes des corps mixtes, le ſel, par exemple, ſe convertit en liqueur, & la terre ou ſe vitrifie, ou devient une pouſſiere impalpable, & tous ces effets nous prouvent toujours une extrême diviſion.

Il eſt preſque inutile d'avertir que ces petits ballons remplis de feu que nous ſuppoſons, pour expliquer l'embraſement des mixtes, ne doivent pas être conſidérés comme quelque choſe de ſenſible : ces petits êtres, s'ils exiſtent tels que l'imagination nous les repréſente, quant à la forme, doivent être d'une telle fineſſe que le plus petit corps apperçu au microſcope, en con-

XIII. LEÇON.

tienne un grand nombre. La prodigieuse divisibilité de la matiere dont nous avons donné des preuves dans la premiere Leçon, * & l'extrême subtilité du feu qui est capable de tout diviser, nous autorisent à faire cette supposition. La fibre la plus mince tant du regne animal que du regne végétal, le plus petit grain de métal que les yeux puissent saisir, n'est donc qu'un assemblage imperceptible de tous ces petits êtres, de toutes ces petites masses composées elles-mêmes de plusieurs pieces, ayant cela de commun entr'elles que leur centre est occupé par une petite portion de feu, différant les unes des autres en ce qu'elles ne sont pas également capables de résister à tous les degrés d'expansion que ce fluide interne pourra exercer contr'elles.

* *Tom. I. pag. 19. & suivant.*

Nous pouvons ajouter encoreque comme le feu est présent par-tout, non-seulement il occupe l'intérieur de ces petites masses où il est renfermé, mais il se loge aussi dans tous les petits vuides qu'elles laissent entr'elles, de sorte que ces pores remplis de feu, communiquant les uns aux autres jusqu'à

la ſurface, ſont toujours prêts à tranſmettre juſqu'aux parties les plus intimes l'action du corps enflammé qu'on applique extérieurement, à peu près comme une traînée de poudre à laquelle on met le feu, va porter l'inflammation à la mine qui eſt cachée plus loin.

On voit par tout ce que je viens de dire que l'embraſement des corps, effet preſque toujours plus grand que la cauſe viſible d'où il procede, rentre dans l'ordre des phénomenes intelligibles, ſi l'on admet le méchaniſme que je viens de ſuppoſer, ſi l'on ſe repréſente chaque portion de feu contenue dans une molécule de matiere quelconque, comme un reſſort antérieurement tendu & toujours prêt à rompre les liens qui le retiennent, dès que quelque effort auxiliaire viendra augmenter ſon activité.

Mais qui l'a tendu ce reſſort ?

C'eſt un ſecret de la nature qui n'eſt pas encore bien dévoilé : mais quand il devroit ne l'être jamais, ſi le fait eſt certain, ſi le feu s'offre toujours à nous avec cette force expanſive ; ſi nous avons des raiſons aſſez ſolides pour

XIII. LEÇON.

croire que ce même feu, avec cette propriété que nous lui connoiſſons, ſe trouve préſent juſques dans les plus petites portions de matiere, cela ſuffit pour nous rendre raiſon du phénomene de l'inflammation & de ſes progrès. Si j'avois formé un corps avec des grains de poudre à canon mêlés en ſuffiſante quantité, & liés enſemble par l'intermede de quelque autre matiere moins inflammable, & que je miſſe le feu à quelques-uns de ces grains de poudre, l'inflammation deviendroit bientôt générale, & toute la maſſe diſparoîtroit; ſeroit-il néceſſaire alors, pour expliquer cet effet conſidéré en lui-même, que je ſuſſe d'où la poudre tient ſa vertu expanſive? Ne me ſuffiroit-il pas de ſavoir qu'elle eſt telle de ſa nature, qu'elle s'allume avec exploſion, & qu'un grain allumé en allume d'autres? Et quand je n'en ſaurois jamais davantage, en ſerois-je moins fondé à dire que le bouleverſement total & ſubit du compoſé dont elle faiſoit partie, a été cauſé par la propriété qu'elle a de s'enflammer avec exploſion?

S'il eſt permis pourtant de conjec-

turer, quand on manque de raiſons évidentes, je crois entrevoir la puiſſance contractive qui tend, pour ainſi dire, les reſſorts du feu élémentaire dans l'intérieur des corps On ne peut pas nier que la plus petite maſſe ne ſoit un aſſemblage de particules qui s'uniſſent non-ſeulement par *juxta-poſition*, mais par une force poſitive qui rend leur union d'autant plus ſolide qu'elles ſe touchent de plus près & en plus de points. Que cette force ſoit inhérente dans la matiere, comme le veulent la plupart des Newtoniens d'aujourd'hui, ou qu'elle pouſſe extérieurement ces particules l'une vers l'autre, comme j'ai tâché de le faire entendre en parlant de la dureté & de la molleſſe des corps *, c'eſt ce dont il ne s'agit point ici ; les Phyſiciens partagés ſur la nature de cette puiſſance conviennent tous qu'il y en a une ; & c'eſt ſur cet accord général que je vais fonder quelques raiſonnements.

* *Tom. II, page 146, & ſuiv.*

Quand les parties de matiere s'approchent, & ſont portées l'une vers l'autre pour former une petite maſſe, elles comprennent entr'elles une portion de feu qui ſe reſſerre dans un eſ-

pace plus petit de plus en plus, à mesure que les particules de matiere qui le renferment, s'approchent davantage.

Tant que ces particules de matiere ne sont pas jointes jusqu'à un certain point, une partie de ce feu resserré dans des bornes trop étroites se fait jour & s'échappe par les jointures encore trop larges pour s'opposer à son évasion; jusques-là ce feu renfermé n'est pas plus condensé, plus tendu, plus concentré que celui qui est libre aux environs.

Mais la puissance qui durcit les corps en serrant de plus en plus les particules dont nous parlons, les unes vers les autres, continuant d'agir, opere deux choses à la fois. Elle resserre davantage les jointures, & par une conséquence nécessaire elle diminue l'espace compris entre ces particules rapprochées. Delà il suit, 1° que le feu s'y trouve plus resserré qu'auparavant, & dans un état de tension qui le fait réagir contre les parois de sa prison. 2° Que cette réaction doit subsister & persévérer tant qu'elle n'est pas suffisante pour vaincre la difficulté que le

feu trouve à s'échapper par ces jointures trop ferrées.

Ainsi dans un corps qui n'est point enflammé, le feu qui est toujours en action, (car cet élément n'est jamais dans un repos parfait) est en équilibre ou avec lui-même, quant aux parties qui sont libres dans les pores, ou avec les obstacles qui le retiennent, & qui empêchent qu'il ne se déploie, s'il est condensé.

C'est peut-être par quelque méchanisme semblable que l'air, tout expansible qu'il est, se concentre, pour ainsi dire, dans tous les corps, de maniere que quand il s'en dégage, nous lui voyons occuper des espaces incomparablement plus grands que ceux dans lesquels il avoit été resserré par la seule opération de la nature. Le fait au moins est du nombre de ceux dont on ne peut douter, j'en ai rapporté les preuves ailleurs : * & cet exemple est d'un grand poids pour appuyer l'opinion de ceux avec qui je pense que le feu qui est renfermé dans les molécules des corps, est dans un état de contraction.

* *Tom. III, p. 312, & suiv.*

Il est indubitable que le feu est tou-

XIII. LEÇON.

jours en action, non-ſeulement dans les corps enflammés & qui ſe conſument par la diſperſion de leurs parties, non-ſeulement dans les matieres qui ſont ſenſiblement chaudes, mais même dans toutes celles qui n'ont que de ces degrés de chaleur foible que nous appellons *froid*. Mais de quelle eſpece eſt cette action? eſt-c eun tourbillonnement de parties, d'où naiſſe une force centrifuge? eſt-ce un ſimple mouvement de vibration? C'eſt ce que je me diſpenſe de rechercher ici, n'ayant rien à attendre de l'expérience pour l'éclairciſſement de pareilles queſtions; il n'eſt peut-être déjà que trop entré de conjectures dans cette premiere Section; & la ferme réſolution que j'ai priſe d'en uſer toujours avec beaucoup d'épargne dans ces Leçons, m'en feroit retrancher une bonne partie, ſi je ne les croyois néceſſaires pour conduire l'eſprit à des connoiſſances plus certaines.

Au reſte, en eſſayant de deviner ce qu'on ne voit pas avec évidence, j'oſe dire que je ne me ſuis pas écarté des principes connus, ni d'une certaine vraiſemblance qui ſe tire des faits analogues.

analogues. La plupart des idées même que j'ai employées, ſont adoptées par les Auteurs les plus célebres, & l'on ſentira encore mieux ce qu'elles peuvent valoir, quand on aura réfléchi ſur les expériences & ſur les obſervations que je ferai entrer dans les trois ſections ſuivantes.

II. SECTION.

Des moyens par leſquels on peut exciter l'action du Feu.

AUtant l'uſage du feu nous eſt néceſſaire, autant il nous eſt facile de nous le procurer, quand nos beſoins le demandent; non-ſeulement parce qu'il eſt préſent par-tout, mais encore parce que les moyens de le rendre ſenſible ſont à la portée de tout le monde. Les Nations les moins inſtruites des ſecrets de la Nature & des inventions de l'art, n'ignorent pas la maniere d'allumer du feu; le ſauvage Américain le plus ſtupide ne doit rien à cet égard aux Européens qui ont fait la conquête de ſon pays, & qui

l'ont éclairé ſur d'autres points.

XIII. LEÇON.

Eſt-il naturel de penſer avec quelques Savants de nos jours, que les premiers hommes aient été long-temps ſans avoir l'idée du feu, & qu'ils ne l'euſſent jamais eue, ſi des forêts ne ſe fuſſent embraſées par le tonnerre ou par quelque autre accident, ſi des feux ſouterreins n'euſſent formé des volcans, ſi des frottements ou des chocs purement fortuits n'euſſent décelé cet élément caché dans le ſein de la Nature ? On paſſe dans les Ecoles plus d'un mois à prouver aux jeunes gens qu'Adam avoit reçu de Dieu toutes les ſciences par infuſion ; l'ignorance qui fut bientôt après la punition de ſon péché, fut-elle donc aſſez générale pour lui ôter juſqu'à l'idée du feu ? Oublia-t-il juſqu'à l'uſage des éléments ? Quoi qu'il en ſoit, cette idée ne fut pas ſi long-temps à reparoître dans le monde, car ſans parler de ce glaive de feu que le Chérubin faiſoit flamboyer à la porte du Paradis terreſtre, quand nos premiers parents en furent exclus, & des ſacrifices d'Abel & de Caïn, qui probablement ne s'achevoient pas ſans que

l'offrande fût consumée ; les Livres saints * nous apprennent que Tubal-cain, qui vivoit au commencement du second siecle de l'univers, devint un fondeur & un forgeron très-habile ; ce qui suppose une grande connoissance du feu, & même une assez longue expérience de ses effets. Mais ne nous arrêtons pas davantage à ces sortes de questions, qui n'ont qu'un rapport assez indirect avec l'objet dont nous voulons nous occuper, & qui d'ailleurs ne sont pas d'une grande importance ; entrons en matiere, & voyons comment on détermine le feu qui est caché dans l'intérieur des corps, à se manifester au dehors.

* Genes. c. 4.

On peut rapporter à deux ou trois chefs tous les moyens que nous employons pour exciter le feu ; je dis pour exciter, afin qu'on ne confonde pas l'inflammation qui se communique avec celle qu'on fait naître ; car lorsqu'une bougie allumée met le feu à de la paille ou à du bois, ce n'est qu'une propagation de l'embrasement qui subsistoit déjà, & qui s'entretenoit dans la meche abreuvée de cire fondue ; mais ce feu sensible de la bougie

XIII. LEÇON.

vient primitivement d'une étincelle excitée par quelqu'autre moyen.

Celui dont on se sert le plus communément, c'est le choc réitéré, ou (ce qui est presque la même chose) le frottement des corps durs : il n'y a point de corps solides qu'on ne puisse échauffer par cette voie, & il y en a peu dont la chaleur excitée ainsi, ne puisse être augmentée, jusqu'à étinceler, jusqu'à brûler : mais ces effets sont plus ou moins prompts, plus ou moins grands, selon la nature des corps choqués ou frottés, & selon la durée ou la violence du frottement.

Quant à la nature des corps, ceux qui ont le plus de densité, & en même-temps le plus de ténacité & de ressort dans leurs parties, sont communément les plus propres à s'échauffer ou à s'enflammer par le frottement.

En second lieu, comme le frottement croît principalement par la pression, & par la vîtesse du mouvement, plus la collision est violente, plus elle est fréquente, plus aussi elle est efficace sur les mêmes corps. Les expériences que je vais rapporter serviront de preuves & d'éclaircissements à ce court exposé.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

Préparation.

Il faut tenir d'une main un de ces cailloux tranchants, qu'on nomme vulgairement *pierres à fusil*, & de l'autre main un morceau de vieille lime, un couteau fermé, dont la lame se présente par le dos, ou tout autre morceau d'acier trempé ; heurter un de ces corps contre l'autre à plusieurs fois en glissant, & recevoir sur une feuille de papier blanc toutes les petites parties qui se détacheront par le choc réitéré.

Effets.

Tout le monde sait que de cette collision il naît des étincelles qui sont véritablement du feu, puisque l'on s'en sert tous les jours pour allumer un morceau d'amadou, une meche souffrée, une chandelle, &c. Il faut observer de plus, que parmi ces étincelles il y en a qui pétillent d'un feu extrêmement brillant, qui se divisent, & qui ont une scintillation très-marquée, tandis que les autres ne

XIII. LEÇON.

paroiſſent que rouges, & ſe précipitent d'une maniere plus peſante. Enfin l'on peut remarquer ſur le papier une eſpece de pouſſiere, ou une infinité de petits fragments dont pluſieurs roulent, au gré de leur peſanteur, quand on incline le plan qui les ſoutient.

EXPLICATIONS.

Le tranchant du caillou heurtant vivement, & comme en grattant la ſuperficie de l'acier, en coupe des parcelles qui ſe détachent, & que la ſecouſſe fait ſauter en l'air. Ces parties qui s'arrachent ainſi ſont très-petites, parce que l'acier trempé qui eſt fort dur, ne ſe laiſſe entamer que très-difficilement; ainſi dans cette opération une très-petite partie de métal reçoit un très-grand choc.

Or s'il eſt vrai, comme nous l'avons dit dans la premiere ſection, que cette petite maſſe ſoit un aſſemblage de petits ballons, dont chacun ſoit rempli par une petite portion de feu élémentaire toujours animé d'une force expanſive, il eſt naturel que le choc, qui eſt très-grand,

par rapport à une si petite quantité de matiere, fasse ici deux choses ; la premiere, qu'il comprime & qu'il ébranle toutes les parties qui tiennent le feu renfermé entr'elles ; la seconde, qu'il augmente de quelques degrés le mouvement ou l'activité de ce même feu : d'où il doit arriver, ou que la molécule d'acier se dissolve jusques dans ses moindres parties, ou si l'effet ne va pas jusqu'à la dissolution, on peut au moins s'attendre de voir briller le feu à travers de tous les pores dilatés du métal qui résiste à son entiere expansion.

Voilà les conséquences que nous pouvons tirer des principes que nous avons supposés précédemment, & c'est aussi ce que l'expérience nous met sous les yeux ; car ces étincelles mornes, qui sont à peine rouges, & qui tombent pesamment, ne sont que des fragments de métal qui ont une forme à peu près semblable à celle de ces petits copeaux qu'on fait avec la lime, & qui pour cela se nomment *limaille* ; ce qui fait bien voir que leur degré de chaleur n'a pas excédé celui qui fait simplement rougir le mé-

tal : mais les autres étincelles, celles qui ſcintillent & qui éclatent, ſont des particules d'acier qui ſe ſont échauffées juſqu'à ſe fondre, & ſouvent même juſqu'à ſe brûler & perdre une partie de leurs principes.

On peut aiſément ſe convaincre de tout ce que j'avance ici, en examinant avec un microſcope cette pouſſiere qu'on trouve ſur le papier blanc quand on a fait étinceller l'acier avec le caillou : les fragments de celui-ci *a*, *a*, *a*. *Fig*. 1, ſe diſtinguent aiſément par leur couleur & par leur tranſparence : celles du métal *b*, *b*, *b*, *b*. ſont de petites pieces minces, anguleuſes, irrégulieres, & quelquefois luiſantes, telles qu'elles doivent être en cédant au tranchant qui les détache de la maſſe, ou bien ce ſont des boulettes bien arrondies *c*, *c*, *c*, *c*. dont les unes encore attirables par l'aimant, conſervent toute la dureté qui convient à l'acier ; les autres refuſant quelquefois (quoiqu'aſſez rarement) de s'attacher au couteau aimanté, s'écraſent ſous l'ongle comme le corps le plus friable.

La figure ſphérique de ces petits corps

corps ne permet pas de douter qu'ils n'aient été un inſtant en fuſion, c'eſt celle que prennent & que doivent prendre toutes les matieres amollies qui ſe trouvent librement plongées dans un fluide, comme l'étoient dans l'air ces petites maſſes d'acier au moment de leur ſcintillation ; & l'on ne conçoit pas qu'elles aient pu s'arrondir de la ſorte par la façon ſeule dont elles ont été détachées. Les deux différents états de ces globules nous autoriſent à croire que les unes (celles qui ſont dures, & que l'aimant attire encore) n'ont été que fondues ſimplement ; & que les autres, par un degré de feu plus violent, ont paſſé la ſimple fuſion & ſe ſont converties en ſcories.

Ce qui me fait penſer ainſi, d'après M. Hook, * qui me paroît être le premier qui ait examiné ces fragments d'acier au microſcope, c'eſt une expérience que M. de Reaumur me fit faire autrefois pour éclaircir quelques faits qui ont beaucoup de rapport à celui que j'explique maintenant, ou plutôt qui en ſont des dépendances. On engage la tête d'une aiguille à coudre

* *Extr. de la Micrographie de M. Hook. Journal des Sav. du 20 déc. 1666.*

XIII. LEÇON.

dans un petit manche de bois, pour la tenir commodément ; on mouille un peu la pointe de cette aiguille, & on l'applique ensuite contre un grain de limaille d'acier extrêmement fin, qui ne manque pas de s'y coller ; on place ensuite l'aiguille dans la flamme d'une bougie, de façon que sa pointe & environ un tiers de sa longueur en soient dehors, *Fig.* 2. Dans un temps très-court la partie de l'aiguille qui est hors de flamme devient rouge, & la couleur ayant gagné jusqu'au bout, on voit le petit grain de l'imaille prendre aussi différents degrés de couleur & de chaleur. Si l'on se contente de le faire rougir seulement, il ne perd ni sa dureté ni sa forme, qu'on retrouve les mêmes quand il est refroidi : mais s'il est échauffé jusqu'à blancheur, & jusqu'à scintiller, alors on remarque qu'il s'est tuméfié & comme arrondi, & le plus souvent il s'écrase sous l'ongle à la moindre pression, ce qui prouve bien qu'il est scorifié.

On ne doit pas être surpris que toutes les particules d'acier, quoique détachées par le même choc, & du même morceau, aient pourtant un fort

ſi différent. La pierre qui heurte comme en gliſſant, n'attaque peut-être pas avec un égal degré de force toutes les particules qu'elle arrache ; ces particules elles-mêmes ſont plus groſſes les unes que les autres, & l'on peut encore préſumer que les portions de feu qu'elles renferment ne ſont pas toutes également diſpoſées à ſe mettre en action. Ces différences qu'on peut raiſonnablement ſuppoſer, & peut-être bien d'autres encore qu'il ne nous eſt pas poſſible de faire entrer en compte, parce que nous ne connoiſſons pas aſſez l'état intérieur des corps, ſont plus que ſuffiſantes pour donner lieu à toutes ces variétés.

Ce qui paroîtra peut-être plus ſurprenant, & ce qui le parut en effet à pluſieurs ſavants Chymiſtes, il y a dix ou douze ans (*a*), c'eſt que l'acier

(*a*) Sur la fin de l'année 1736, M. Kemp de Kerkwyk d'Utrecht, réveilla l'attention des Savants ſur ce phenomene de l'acier enflammé & fondu par le choc du caillou, en leur propoſant un problême ainſi énoncé : » Quand » on frappe l'acier contre une pierre à fuſil, on » trouve que les étincelles reçues ſur un papier

XIII. LEÇON.

puiſſe en ſi peu de temps, & par une cauſe en apparence ſi légere, rougir, ſe fondre, ſe ſcorifier.

Mais on revient de cet étonnement quand on fait attention d'une part à la nature de l'acier, qui contient une

» blanc & portées au microſcope ſont la plupart
» de l'acier fondu, ſcorifié ou vitrifié, que l'ai-
» mant n'attire plus. Or je demande 1° lequel
» des deux inſtruments contribue à cette deſ-
» truction? 2° Quelle ſubſtance eſt employée
» à cela? 3° De quelle maniere cela ſe fait ou
» doit ſe faire? 4° Le fer étant employé au lieu
» d'acier, pourquoi ces étincelles ſcorifiées ſe
» préſentent-elles plus rarement & preſque
» pas? Ces demandes paroiſſent inſolubles, par-
» ce qu'on ne ſauroit preſque s'imaginer que
» le fer qui demande un feu violent pour ſe
» mettre en fuſion, ſoit dans l'inſtant du coup,
» pas ſeulement fondu, mais tout-à-fait détruit.«

M. Muſchenbroek, qui étoit alors Profeſſeur à Utrecht, envoya cet énoncé à M. Dufay, pour le remettre à M. de Reaumur, qui donna la ſolution du problême dans toutes ſes parties; ce qui fit la matiere d'une Diſſertation fort inſtructive, quoique très-courte, qu'on trouve imprimée dans les Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1736. C'eſt principalement de cet écrit que j'ai tiré les éclairciſſements néceſſaires pour expliquer les deux premieres expériences de cette ſection, c'eſt-à-dire, celles des étincelles tirées de l'acier, & celle qui va ſuivre.

très-grande quantité de matiere inflammable, celle du caillou même, dont le ſoufre ſe manifeſte par une odeur très-ſenſible, quand on heurte l'une contre l'autre deux pierres de cette eſpece, & quand on conſidere d'une autre part l'extrême petiteſſe du morceau de métal qui s'embraſe : car ce choc qui ne paroît pas fort conſidérable à bien des égards, eſt immenſe par rapport à la petite quantité de matiere ſur laquelle il agit. XIII. LEÇON.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

A, *Fig.* 3, eſt un lingot d'antimoine fondu avec deux fois ſon poids de fer que l'on jette dans le creuſet en petites lames minces, afin qu'elles ſe mettent plus aiſément en fuſion, & que l'on remue à meſure qu'elles ſe fondent pour faciliter le mêlange.* Ce lingot eſt aſſujetti dans un étau, qui tient ſolidement à une table, & l'on fait paſſer deſſus, à pluſieurs repriſes, une groſſe lime neuve d'un bout à l'autre, en appuyant fortement, comme on fait quand on veut dégroſſir un morceau de métal

* *Voyez les Mémoires de l'Ac. des Sc. 1736. p.* 398.

XIII. LEÇON.

EFFETS.

A chaque coup de lime on voit une traînée de grosses étincelles qui s'élancent en avant, & qui tombent sur la table ; les unes éclatent d'une lumiere blanche & scintillent, les autres ne sont que rouges & ne pétillent point. Quand on les reçoit sur un morceau de papier, elles le brûlent & le trouent en plusieurs endroits : quand on les examine au microscope, on voit clairement que ce sont des parties détachées du lingot, dont les unes ressemblent, à peu de chose près, à la limaille ordinaire de fer ou d'acier, & les autres sont arrondies & d'une surface très-lisse.

EXPLICATIONS.

Dans cette expérience la lime fait sur le lingot, à quelques différences près dont je vais parler, ce que le caillou tranchant a fait dans la précédente sur le morceau d'acier trempé ; elle a entamé dans plusieurs endroits cette masse dure & cassante dont elle a détaché de petites parties en les heurtant & en les pressant avec

violence ; & comme ces particules renfermoient du feu, le choc qu'elles ont souffert a mis cet élément en action ; & selon qu'elles lui ont opposé plus ou moins de résistance, les unes ont été échauffées jusqu'à rougir seulement, les autres l'ont été jusqu'à la fusion, ou même jusqu'à la scorification.

Les parties du lingot que la lime détache, sont beaucoup plus grosses & en plus grand nombre que celles de l'acier qui cedent au tranchant du caillou, parce que cette composition de fer & d'antimoine a beaucoup moins de dureté que le métal pur & durci par la trempe. D'ailleurs la lime dont on se sert ici, par sa longue & large surface toute hérissée de pointes tranchantes, doit faire un grand nombre de fois, lorsqu'on la traîne sur le lingot, ce que la pierre à fusil ne peut opérer qu'une seule fois, à chaque coup, lorsqu'on lui fait gratter l'acier.

Une raison qu'on peut alléguer encore, c'est que la lime étant un corps long, son frottement est continu ; les parties qui cedent à la fin du coup ont été déjà ébranlées, & fortement

XIII. LEÇON.

échauffées par une infinité de petits chocs & de pressions qui ont précédé, & qui ont déjà mis le feu intérieur de la masse en mouvement, comme on peut s'en convaincre en portant le doigt à l'endroit où l'on a fait passer la lime. Voilà sans doute pourquoi ces parties, quoique communément beaucoup plus grosses que celles de l'acier qui sont détachées par la pierre à fusil, ne laissent pas cependant que de s'échauffer assez pour devenir rouges & pour se fondre, ce qu'elles font rarement & difficilement quand on les détache, en battant le lingot contre le caillou.

Mais la cause principale de leur inflammation, c'est la grande quantité de matiere sulphureuse dont elles sont remplies; le fer, comme l'on sait, en contient beaucoup, mais l'antimoine en a bien davantage; ces deux matieres unies ensemble par la fusion, forment en se refroidissant un corps très-propre à faire feu contre une lime; le fer donne à l'antimoine la dureté qu'il lui faut pour ne se laisser entamer que par un choc violent; & l'antimoine ajoute au fer tout ce

qu'il lui faut de matiere inflammable pour prendre feu dans le moment de la percussion; car ce n'est point assez qu'il y ait du feu dans un corps pour qu'il se manifeste aussi-tôt qu'on l'excite; il faut que ce feu trouve autour de lui des matieres prêtes à céder à son action, & à se mettre en mouvement avec lui, & ce sont ces matieres que l'on appelle inflammables, qui parsemées en plus ou moins grande quantité dans un corps quelconque, font que ce corps s'échauffe ou s'enflamme plus ou moins facilement qu'un autre.

III. EXPÉRIENCE.

Préparation.

B, *Fig.* 4, est une espece de fuseau de bois un peu ferme, comme de chêne, de noyer, de poirier, de hêtre, &c. dont les pointes sont un peu camuses, & au milieu duquel on a creusé une place pour la corde d'un archet. Un homme appuie contre sa poitrine une petite planche de quelqu'un des bois que je viens de nommer, & dans laquelle on a commencé

X.II LEÇON.

un trou ; il met un des bouts du fuſeau dans ce trou, & l'autre bout dans un autre trou fait à une ſemblable planche, qui eſt aſſujettie contre la muraille ou dans un étau. Enſuite en appuyant avec ſon corps, il fait aller & venir l'archet vivement, comme on voit faire à un Serrurier qui perce un morceau de fer avec un foret.

EFFETS.

Peu de temps après que le fuſeau a commencé à tourner, on voit le bois changer de couleur & ſe rouſſir aux endroits du frottement; il s'en éleve de l'odeur, enſuite de la fumée, & bientôt après on voit paroître du feu avec lequel on peut allumer de l'amadou, une meche ſoufrée, ou quelqu'autre corps combuſtible.

EXPLICATIONS.

Comme il y a du feu dans tout, il y en a par conſéquent dans le bois; ce feu excité par le frottement fait effort pour briſer les petites loges dans leſquelles il eſt renfermé : mais ces petites cellules ſont preſque toutes faites de ces matieres que nous nom-

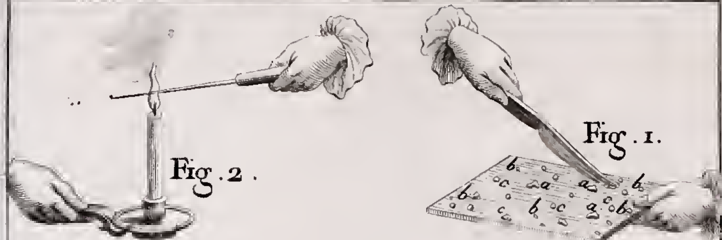

Fig. 2.
Fig. 1.
b
a
c

Fig. 4.
Fig. 3.
B
A



mons inflammables, c'est-à-dire, qui cedent le plus aisément à l'action du feu. Il faut bien que cela soit, car si l'on met le feu à une grande quantité de bois, la cendre qui est la seule partie que le feu ne dissipe point, est bien peu de chose en comparaison de ce qui disparoît. Ainsi dans notre expérience ce sont les parties les plus volatiles du bois qui commencent par s'exhaler en odeur & en fumée, les autres rougissent & forment du charbon.

C'est par une pratique assez semblable à celle qu'on vient de voir, que les Indiens allument du feu pour leurs besoins les plus communs : ils appuient un bâton pointu dans un morceau de bois un peu creusé, & ils le font tourner entre les deux mains, comme cet instrument avec lequel nous faisons mousser le chocolat.

Un bois qui seroit trop tendre ne réussiroit pas bien, parce qu'il s'arracheroit par petits morceaux avant que ses parties moindres pussent éprouver un frottement assez rude pour animer le feu qu'elles renferment; peut-être aussi parce qu'étant très-poreux, il

XIII. Leçon. laisseroit trop aisément échapper le feu qu'il contient entre ses molécules, ce qui empêcheroit cet élément de recevoir le degré d'activité qu'il lui faut pour enflammer.

On conçoit bien aussi qu'il ne faut pas prendre un bois trop verd ou abreuvé d'eau ; car les parcelles de feu seroient éteintes à mesure qu'elles s'allumeroient.

Un bois trop sec, trop vieux, n'est pas non-plus ce qu'il faut, parce qu'il a perdu la plus grande partie de ses substances les plus promptes à recevoir & à transmettre l'inflammation. La plupart des bois durs, sur-tout ceux qui viennent des Indes, sont presque toujours propres à s'enflammer par le frottement ; quelque secs qu'ils soient, ils ont naturellement tant de parties grasses & sulphureuses, qu'il leur en reste toujours assez. Il y en a même tels qui en ont trop, & dont le frottement ne seroit pas assez rude, à cause de l'huile qui transsuderoit des pores, & qui se trouveroit interposée en assez grande quantité entre les surfaces frottantes. Les Indiens, guidés seulement par l'expé-

rience, préferent pour cet ufage le bois de fer (*a*) aux autres efpeces; & l'on trouvera qu'ils ont raifon d'en ufer ainfi, en faifant attention à la nature de ce bois, qui eft très-dur, & par conféquent en état d'être frotté avec violence, & qui n'eft point gras comme la plupart des autres bois du même pays, qui pourroient approcher de fa dureté.

IV. EXPÉRIENCE.

Préparation.

Il faut mettre entre deux papiers un peu épais, gros comme un très-petit pois de ce Phofphore, qui porte communément le nom de Kunckel, un de fes premiers inventeurs, (*b*) appuyer le tout fur le

(*a*) *Syderoxylon.* C'eft un bois dont la couleur eft d'un rouge un peu brun; il eft très-dur & fort pefant; les Indiens en font une efpece de maffue, qui eft leur arme la plus commune.

(*b*) On le nomme affez fouvent auffi *Phofphore d'Angleterre*, parce que pendant un temps affez confidérable M. Gotfritch-Hantkuit, Chymifte-Apothicaire de Londres, qui en avoit reçu le procédé de Boyle, a été pref-

XIII. LEÇON.

bord d'une table, & frotter dessus avec le manche d'un couteau, ou avec quelqu'autre chose à peu près semblable.

EFFETS.

En très-peu de temps ce Phosphore s'allume, enflamme les deux morceaux de papier, & répand dans l'endroit où l'on fait cette expérience, une odeur forte, assez semblable à celle de l'ail.

EXPLICATIONS.

Le Phosphore dont il s'agit ici, est une de ces découvertes par lesquelles

que le seul qui en fit commerce, & qui en fournît aux Physiciens & aux curieux. Quoiqu'on sût en général la maniere de le faire, il y a dans la manipulation quelques tours de main qu'on avoit tenu secrets, & qui faisoient que très-peu de personnes y avoient réussi. Présentement tout le mystere est révélé : on fait ce Phosphore en Allemagne & en France tout communément ; & on le fera par-tout ailleurs si l'on veut suivre exactement le procédé que l'Academie des Sciences a rendu public dans ses Mémoires pour l'année 1737, après les épreuves qui en ont été faites avec un plein succès par Messieurs Dufay, Hellot, Geofroy & Duhamel, & dont j'ai eu le plaisir d'être témoin.

un heureux hazard vient quelquefois dédommager le laborieux Artiſte d'un grand nombre de tentatives entrepriſes avec des vues chimériques & faites ſans ſuccès. Preſque tous ceux qui ſe ſont entêtés du grand œuvre, ont cherché ce que l'imagination leur faiſoit concevoir de plus précieux dans leur art; cet Agent univerſel, qui doit, ſelon eux, convertir en or les autres métaux, leur a fait, dis-je, chercher cette pierre philoſophale, dans tout ce qu'il y a de plus mépriſable & de plus mépriſé par le reſte des hommes, dans leurs propres excréments. C'eſt en traitant l'urine avec cette trompeuſe eſpérance, qu'un Chymiſte Allemand (a) rencontra cette matiere lumineuſe & brûlante, qu'on peut regarder comme une des plus curieuſes découvertes du dernier ſiecle.

(a) Brandt, Bourgeois de Hambourg, fit le premier la découverte du Phoſphore d'urine en l'année 1677. Peu de temps après Kunckel, autre Chymiſte Allemand, jaloux de cette nouveauté, fit tant par un travail opiniâtre, qu'il parvint à la découvrir, & comme il avoit plus de réputation que Brandt, l'uſage a prévalu pour appeller cette préparation d'urine, *le Phoſphore de Kunckel.*

XIII. LEÇON.

Comme j'aurai lieu de parler dans la ſuite des différentes eſpeces de Phoſphores, & de la propriété qu'ils ont de répandre de la lumiere dans l'obſcurité, pour le préſent je ne conſidere dans celui-ci que la facilité avec laquelle il prend feu, quand on le frotte ou quand on l'écraſe.

Cette grande inflammabilité lui vient ſans doute de la nature & de l'étal actuel des parties ; & quoique ce ſoit toujours un ſecret très-difficile à pénétrer, que la connoiſſance des corps approfondie juſques dans leurs parties conſtituantes, on peut cependant former ici des ſoupçons légitimes, & ſe faire des notions aſſez vraiſemblables, en conſidérant d'une part ce qui ſe paſſe quand on fait le Phoſphore d'urine, & d'une autre part ce qui ſe préſente quand on le décompoſe.

1° On fait évaporer l'urine dans une chaudiere de fer qu'on tient ſur le feu, & l'on pouſſe l'évaporation juſqu'à ce que tout ſoit réduit en une matiere grumeleuſe, dure, noire, à peu près ſemblable à de la ſuie de cheminée. Par cette premiere préparation,

ration, la plus grande partie de l'humide & du volatil eſt enlevée.

2° On fait calciner cette matiere dans une marmite de fer, que l'on fait chauffer juſqu'à rougir, & l'on continue juſqu'à ce que toute la matiere calcinée & pulvériſée ne fume plus ; cette ſeconde préparation fait évaporer le reſte du ſel volatil & l'huile fétide.

3° Sur ſix à ſept livres de cette matiere calcinée on jette ſept à huit pintes d'eau commune : on agite le tout pendant quelque temps ; on incline enſuite le vaiſſeau pour jetter l'eau, & l'on fait ſécher la matiere leſſivée qui reſte au fond. Par cette troiſieme opération on enleve une grande partie du ſel fixe, & il n'en reſte que ce qui eſt néceſſaire pour le ſuccès.

4° Avec trois livres de cette matiere calcinée, leſſivée & deſſéchée, on mêle une livre & demie de gros ſable ou de grès jaunâtre, & quatre à cinq onces de charbon de hêtre pilé. L'on humecte le tout avec une demi-livre d'eau commune, pour en faire une pâte que l'on a ſoin de bien manier, afin que le mêlange ſoit plus

XIII. LEÇON.

parfait. Le ſable & le charbon qu'on y fait entrer ſervent à raréfier la préparation d'urine, & donnent lieu au feu de l'attaquer en toutes ſes parties.

5° Enfin, l'on met cette pâte dans une cornue, & la cornue dans un fourneau de réverbere, où l'on entretient pendant vingt-quatre heures un feu qui commence par les premiers degrés pour ménager les vaiſſeaux, mais qui eſt pouſſé enſuite auſſi loin que celui d'un four de verrerie. Voilà en gros ce qui ſe paſſe dans la préparation du Phoſphore d'urine. (*a*)

(*a*) Ce n'eſt point ici une inſtruction d'après laquelle on puiſſe entreprendre de faire le Phoſphore : ce n'eſt qu'un précis des principales opérations, relatif à l'explication de notre expérience. On doit s'inſtruire des détails par la lecture du Mémoire de M. Hellot, que j'ai déjà indiqué par la même raiſon * que je ſupprime les deſcriptions circonſtanciées qui ſeroient néceſſaires pour conſtruire les machines & les inſtruments que je fais ſervir aux expériences rapportées dans cet ouvrage. Je m'abſtiens auſſi d'y faire entrer les procédés qu'on doit ſuivre pour préparer certaines matieres dont je fais uſage. En attendant que je mette au jour l'Ouvrage dans lequel je compte

* *Préface, p. xxxi.*

Quant à ſa décompoſition, voici ce qui arrive : le Phoſphore ſe diſſout quand on l'expoſe à l'air, & il reſte dans le vaiſſeau une liqueur très-acide, qui eſt un véritable eſprit de ſel, puiſque le *deliquium* ne fait point de précipité avec l'huile de chaux, & qu'il précipite la diſſolution d'argent en *Lune cornée*. XIII. LEÇON.

Il paroît donc que dans la préparation du Phoſphore d'urine, l'acide du ſel commun s'unit à une matiere graſſe, dans laquelle il eſt fortement concentré ; & l'on ne peut douter que ces matieres extrêmement diviſées, & longuement travaillées par le feu le plus violent, ne retiennent entre elles une quantité prodigieuſe de particules ignées, qui n'attendent que la plus légere cauſe pour rompre & diſſoudre ce qui les retient, pour faire une inflammation.

Ainſi le frottement d'un manche de couteau, un corps dur qui broie, ſont des moyens plus que ſuffiſants pour enflammer d'un feu très-vif le

raſſembler toutes ces inſtructions, je me contenterai d'indiquer dans celui-ci les différents Auteurs, dont la lecture pourra y ſuppléer.

XIII. LEÇON.

petit grain de Phoſphore renfermé entre les deux morceaux de papier. Mais comme le feu anime des parties extrêmement ſubtiles & pénétrantes, il convient que le papier ſoit un peu épais, afin d'arrêter, pour ainſi dire, ſon action & d'empêcher qu'elle ne ſe diſſipe trop vîte.

Lorſqu'on allume ainſi du Phoſphore, s'il arrivoit qu'il s'en attachât aux doigts, on ſouffriroit une brûlure très-douloureuſe, & qui augmenteroit d'autant plus qu'on feroit effort pour emporter cette matiere en l'eſſuyant avec un linge ou autrement : car plus elle ſeroit frottée, plus elle deviendroit ardente ; & comme elle eſt extrêmement active & pénétrante, en très-peu de temps elle peut faire un progrès conſidérable. Le remede le plus efficace, & même le ſeul que l'on connoiſſe juſqu'à préſent pour arrêter cette brûlure, & calmer la douleur qu'elle cauſe, c'eſt de tremper promptement la partie offenſée dans de l'urine ; cette liqueur porte apparemment ſur la plaie quelque ſubſtance propre à ſe ſaiſir des parties du Phoſphore que l'inflammation anime,

ou peut-être à les embarraſſer de maniere qu'elles perdent leur activité.

On fait encore avec ce même Phoſphore pluſieurs autres expériences curieuſes, mais qui ont plus de rapport à la lumiere qu'au feu, & que je renvoie pour cette raiſon au volume ſuivant.

APPLICATIONS.

On peut regarder les quatre expériences que je viens de rapporter, comme des exemples tirés exprès des trois regnes qui comprennent toutes les ſubſtances terreſtres, pour prouver que l'inflammation, & à plus forte raiſon une grande chaleur, peut naître par le frottement, ou par un choc réitéré, dans toutes ſortes de corps : la premiere & la ſeconde mettent cette vérité en évidence par rapport aux minéraux ; la troiſieme fait voir la même choſe à l'égard des végétaux ; & par la quatrieme on apprend que les matieres animales peuvent avoir le même ſort, ſur-tout quand elles ont reçu certaines préparations ; & l'on peut partir de ce principe, qui eſt un fait, pour rendre raiſon d'une

infinité de phénomenes qui s'offrent continuellement à nous.

XIII. LEÇON.

Pourquoi, par exemple, les pointes d'un tour s'échauffent-elles si promptement, quand on néglige d'y mettre de l'huile ? Pourquoi les pivots des grandes machines, les essieux des roues de carrosses, &c. mettent-ils le feu aux bois dans lesquels ils roulent, lorsqu'on oublie de les graisser ? C'est qu'en général le fer & l'acier deviennent ardents, lorsqu'ils sont fortement frottés ; & dans les cas dont il est ici question, le frottement est toujours très-considérable à cause de la grande pression des surfaces ; ce frottement diminue beaucoup, & n'a pas non-plus les mêmes effets, quand on met quelque matiere grasse ou quelque fluide entre les parties frottantes, par des raisons que j'ai rapportées ailleurs. *

* Tom. I, page 247.

Les coups multipliés échauffent aussi le métal très-considérablement ; j'ai pris plaisir quelquefois à voir rougir de petites verges d'acier médiocrement chauffées, qu'un forgeron expérimenté battoit promptement avec un moyen marteau sur une enclume. Tout métal s'échauffe sous le marteau ; l'Or-

fevre qui forge à froid l'or & l'argent, l'Horloger qui plane du cuivre pour faire une platine de pendule, sont obligés de laisser refroidir les pieces qu'ils ont battues, pour les manier ; & il en est de même du plomb & de l'étain.

Mais ce qu'il faut remarquer, c'est que les métaux les plus durs, ceux dont les parties ont le plus de ressort, sont aussi les plus prompts à s'échauffer par les coups de marteaux, & aussi les plus susceptibles d'un grand degré de chaleur ; le même nombre de coups, par exemple, ne rend point le plomb aussi chaud que l'acier ; car ce dernier métal peut être battu jusqu'à rougir, comme on vient de le voir ; & si l'autre pouvoit acquérir autant de chaleur, il se fondroit, ce qu'on ne voit jamais lui arriver sous le marteau.

Le Vitrier façonne le plomb qu'il met aux vîtres, en le faisant passer en lingot ou en verges quarrées par une espece de moulin qui le presse considérablement, & qui le fait s'allonger en lui donnant la forme. L'Orfevre prépare les moulûres dont il orne les bords de la vaisselle, en tirant à la

filiere des bandes de métal applaties.
XIII. LEÇON. Dans ces différentes opérations le métal s'échauffe tellement qu'on ne peut pas le toucher ſans ſe brûler ; & cela vient de la forte preſſion qu'il éprouve ſous les rouleaux, ou entre les jumelles de l'inſtrument qui le façonne.

Le ciſeau dont on ſe ſert pour couper le fer à froid, ou même quelque autre métal dur, devient ſi chaud qu'on eſt obligé de le mouiller de temps en temps avec de l'eau, de crainte qu'il ne perde ſa trempe ; cette chaleur lui vient d'avoir été fortement preſſé entre les deux parties qu'il diviſe, ce qui eſt équivalent à des coups de marteaux qu'il recevroit de part & d'autre, ſur l'extrêmité de ſes faces, près du tranchant. C'eſt encore par la même raiſon que tous les outils dont on ſe ſert pour tourner ou pour percer les métaux à froid, brûlent les doigts de celui qui les touche imprudemment.

L'acier ou le fer aigri par quelque mêlange n'eſt pas le ſeul métal que le frottement ou la percuſſion échauffe juſqu'à le faire devenir ardent, ou étinceler ; les fers des chevaux, les bandes des roues de voitures font ſouvent du

feu

feu en gliſſant ſur le pavé de grès ; & ſi l'on ne voit pas la même choſe arriver, quand on heurte un morceau de fer doux contre une pierre à fuſil, c'eſt que le frottement n'eſt ni auſſi rude, ni auſſi continu que dans la gliſſade dont nous parlons ; & que la particule de fer détachée par le tranchant du caillou eſt apparemment trop groſſe, pour être embraſée par le degré de chaleur que ce choc eſt capable d'exciter. Un moindre frottement du fer contre le pavé ſe feroit auſſi ſans feu ; un payſan qui a des cloux ſous ſes ſouliers ne nous fait pas voir fréquemment des étincelles, comme le cheval en marchant, quoiqu'il gliſſe comme lui. Ce qui n'arrive pas pour l'ordinaire, peut arriver pourtant ; & c'eſt agir très-ſagement que d'exclure, comme on fait, des moulins & des magaſins à poudre, tout ce qui peut occaſionner les frottements du fer même le plus doux, contre le grès, le caillou, le ſable, &c.

S'il n'y a que le frottement ou le choc des corps durs qui puiſſe échauffer le métal juſqu'à l'embraſer, heurté, ou frotté par d'autres corps d'une

XIII. LEÇON.

moindre consistançe, il ne laisse pas que de recevoir un degré de chaleur assez considérable ; le Polisseur en fait prendre sensiblement à l'acier, à l'or, à l'argent, &c. avec le bois, le feûtre, ou le morceau d'étoffe dont il se sert pour frotter sa piece. Mais nous ne voyons pas que les fluides fassent la même chose : qu'on expose une barre de fer au courant d'eau le plus rapide, au bout d'une heure, d'une journée même, elle n'en paroîtra pas plus chaude ; & l'on se sent naturellement porté à croire que tous les fluides auroient le même effet.

Cependant un Savant du premier ordre * s'est mis en devoir d'expliquer pourquoi un boulet de canon devient chaud en traversant l'air : il attribue cet effet au frottement que le métal éprouve de la part de l'athmosphere dans laquelle il se meut, non-seulement avec une vîtesse de 600 pieds par seconde en avant, mais encore en tournant avec une certaine rapidité sur quelqu'un de ses diametres.

* Boerhaave, Elem. Chem. p. 100.

On doit être content de cette explication, si le fait est certain ; c'est-à-dire, si le boulet s'échauffe véritable-

ment en traverſant l'air. Je dis ſi le fait eſt certain, parce qu'on le ſuppoſe, ſans dire qu'on l'ait vérifié; & j'ai de fortes raiſons pour croire qu'un boulet, s'il eſt chaud quand on le ramaſſe, tient ſa chaleur de toute autre cauſe que du frottement de l'air.

1° Quand un boulet s'élance par l'impulſion de la poudre, il heurte, il traîne, il roule contre les parois du canon; toutes ces ſecouſſes doivent l'échauffer: & quand on compteroit pour rien l'action de la poudre enflammée, à cauſe du peu de temps qu'elle a pour communiquer ſa chaleur, on doit compter ſur celle de la piece, à moins que ce ne ſoit le premier coup qu'elle tire, ou que le boulet, par un ſervice extrêmement prompt, n'ait pas eu le loiſir de s'y échauffer; ce qu'on ne doit ſuppoſer que dans le cas d'une expérience faite à deſſein.

2° Lorſque le boulet tombe, avant qu'on le puiſſe ramaſſer, il a heurté violemment contre des obſtacles durs, ou il a bondi pluſieurs fois ſur la terre; & par-tout où il touche, il ſouffre un frottement très-violent, à cauſe du mouvement de rotation qu'on peut

légitimement lui ſuppoſer.

XIII. LEÇON.

Ainſi je vois clairement que le boulet a pu s'échauffer dans la piece même d'où il eſt ſorti, ou dans ſa chûte; & à moins qu'on ne me diſe qu'on a fait une expérience exprès, & que l'on a pris toutes les meſures néceſſaires pour n'avoir rien à attribuer aux cauſes que je viens de citer, je ne puis me réſoudre à croire qu'un boulet de canon s'échauffe ſenſiblement en deux ou trois ſecondes de temps, par le ſeul frottement de l'air.

Si le fait étoit duement conſtaté, il faudroit bien le croire; on conviendra cependant qu'il nous offriroit d'étranges conſéquences; arrêtons-nous ſeulement à celle qui ſe préſente la premiere. Le frottement qu'un boulet de canon éprouve dans l'air en le traverſant, peut être regardé comme celui d'un vent très-rapide, auquel on l'expoſeroit; car c'eſt la même choſe quant aux effets, qu'un corps ſe déplace continuellement pour frapper l'air, ou que l'air par un mouvement continu vienne frapper ce corps. Or eſt-il quelqu'un qui voulût, ſur l'avis qu'on lui en donneroit, aller s'expo-

ſer au plus grand vent, dans le deſſein d'y éprouver un frottement qui l'échauffât ? Mais ne forçons rien ; ſuppoſons même que l'on en faſſe l'épreuve avec un morceau de métal auſſi froid par lui-même que l'air agité auquel on l'expoſe ; croit-on que cet air en gliſſant ſur lui avec la plus grande rapidité, dût lui faire prendre quelque chaleur ?

Peut-être bien, me dira-t-on, ſi cette rapidité eſt égale à la vîteſſe d'un boulet de canon, qui ſurpaſſe au moins vingt-ſix fois celle du vent le plus impétueux : mais il ne devroit donc y avoir de différence que du plus au moins ; & ſi le boulet de canon, avec la vîteſſe qu'il a, acquiert dans l'air qui le frotte une chaleur très-ſenſible en deux ou trois ſecondes, il ſemble qu'avec plus de temps, & une moindre vîteſſe, ce même boulet expoſé au grand vent, devroit devenir aſſez chaud pour qu'on s'en apperçût. On ſait de reſte combien cette conſéquence s'accorde peu avec l'expérience la plus commune : perſonne ne s'eſt jamais brûlé les doigts pour avoir touché une grille de jardin qui eût ſouffert

XIII. LEÇON.

le vent de Nord le plus impétueux pendant vingt-quatre heures, quoiqu'elle fût de fer comme le boulet.

Quelques Auteurs ont dit que le feu prenoit de temps en temps aux forêts, par le frottement des branches d'arbres que le vent agite, & qui peut encore être aidé par certaines circonstances. Si l'on peut douter du fait, parce qu'il est difficile de s'en assurer d'une maniere bien certaine, & que l'on peut presque toujours soupçonner que ces sortes d'accidents sont des effets de la malice ou de l'imprudence humaine, on peut au moins convenir de sa possibilité, puisqu'il est constant que tous les végétaux contiennent du feu, & qu'une grande partie de leur substance est inflammable. Il n'y a pas jusqu'aux graines & aux fruits qui ne s'échauffent considérablement, quand on les écrase, qu'on les pile, ou qu'on les broie; c'est de quoi l'on peut aisément se convaincre, en maniant la navette, le chénevi, les noix, &c. quand on les prépare sous le pilon pour en tirer l'huile; ou bien en portant la main dans la farine du froment & des autres grains, lorsqu'elle

ſort d'entre les meules. Tous ces effets viennent viſiblement ou des coups multipliés, ou d'un grand frottement; & à l'égard des farines, le degré de chaleur qu'elles acquierent va quelquefois juſqu'à les brûler, ſoit que les meules tournent avec trop de vîteſſe, ſoit qu'elles n'aient pas aſſez de jeu entr'elles : de l'une ou de l'autre maniere le mouvement trop rapide ou trop fort pour déſunir ſeulement les parties propres du grain, ſe communique au feu même qu'elles renferment, ce qui cauſe une eſpece d'embraſement.

Les matieres animales étant capables comme les autres de s'échauffer ſous le marteau, ou par un frottement rude & de quelque durée, on doit regarder comme des effets fort ordinaires, que la peau d'un tambour reçoive une chaleur ſenſible par les coups redoublés des baguettes; que le cuir fort s'échauffe ſous la maſſe du Cordonnier qui le prépare pour faire des ſemelles; que le foret d'un ouvrier qui perce un morceau d'os, d'ivoire, de corne de cerf ou d'écaille, le faſſe fumer, s'il fait agir cet

outil avec une certaine vîteſſe.

XIII. LEÇON.

La chaleur qu'on ſent aux mains, quand on les a frottées l'une ſur l'autre, celle que cherchent à ſe procurer les ouvriers qui travaillent en plein air dans une ſaiſon froide, en ſe battant le corps avec les bras, ſont moins des effets qui aient beſoin d'explication, que des exemples familiers, & des preuves très-convaincantes du principe ſur lequel nous portons maintenant nos réflexions.

Quand on s'agite, ou que l'on marche long-temps, ou avec beaucoup de vîteſſe, les parties ſolides du corps ont des mouvements reſpectifs, qui les font gliſſer les unes ſur les autres & ſe frotter réciproquement; delà naît ce ſentiment de chaleur qui excede celui de l'état naturel, & qui eſt accompagné ou ſuivi d'une ſorte de douleur qu'on nomme *laſſitude*.

Enfin ſi quelqu'un par néceſſité, ou par imprudence, s'eſt jamais laiſſé gliſſer de haut en bas, le long d'une corde qu'il tenoit ſerrée entre ſes mains, il a dû éprouver un frottement capable de lui brûler la peau, & d'y faire venir des cloches, comme il arrive toutes

les fois que l'on touche un corps trop chaud; la corde en cette occaſion n'eſt pas plus chaude que la lime ſous laquelle un morceau de fer devient brûlant : mais comme elle, par les aſpérités ſucceſſives de ſa ſurface, elle agite pendant un certain temps les mêmes parties de la main qui lui ſont fortement appliquées, & le feu que ces parties animales renferment, irrité par ce mouvement, éclate & dérange leur organiſation.

Ce qui arrive à des corps ſolides d'une grandeur ſenſible, qui ſe heurtent, ou qui ſe frottent, arrive pareillement à de plus petites maſſes qui s'entre-choquent; à deux liquides, par exemple, dont les volumes ſe pénetrent, & dont les parties ſe mêlent précipitamment, & exercent les unes ſur les autres des frottements réciproques : la chaleur & l'inflammation en ſont ſouvent les ſuites, & ces effets ſont d'autant plus merveilleux que la cauſe échappe à nos ſens, & ne s'apperçoit que par la réflexion.



XIII. LEÇON.

V. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Ayez dans le même lieu, & dans deux vases séparés qui soient de verre mince & de même forme, (*a*) trois onces d'eau commune, bien claire & bien pure, & pareille quantité de bon esprit-de-vin : plongez dans chacune de ces liqueurs & pendant un temps suffisant, un petit thermometre, (*b*) pour vous assurer qu'elles ont une température égale entr'elles, & semblable à celle du lieu où vous opérez; versez ensuite les trois onces d'eau sur l'esprit-de-vin, un peu brusquement, afin que les deux liqueurs se mêlent bien ensemble.

(*a*) La forme cylindrique est la meilleure ; ces especes de bocaux dont les Droguistes se servent, *A fig.* 5, conviennent le mieux, & sont très-faciles à trouver.

(*b*) Ces petits thermometres propres à plonger dans les liqueurs, sont fixés sur une petite planche graduée, fort légere, qui ne descend pas jusqu'à la boule, où cette planche est brisée en deux parties par une charniere pratiquée au milieu de sa longueur, de sorte que la partie d'en-bas se repliant sur l'autre, laisse la boule du thermometre, & une partie du tube isolées. *Voyez la Fig.* 5, *à la lettre B.*

EFFETS.

VOUS verrez d'abord que ce mêlange, quoique fait de deux liqueurs très-limpides, devient louche & comme laiteux, tirant ſur la couleur de giraſol, & qu'il s'en éleve une infinité de petites bulles d'air, qui vont crever à la ſurface.

Le thermometre plongé, que je ſuppoſe gradué ſelon les principes de M. de Reaumur, vous fera voir en même-temps que la chaleur eſt augmentée de 5 ou 6 degrés, ſi la température du lieu eſt moyenne, & que la boule du thermometre plongé n'excede point la groſſeur d'une ceriſe.

Indépendamment de ces deux dernieres conditions, ſi vous faites pluſieurs épreuves de cette eſpece, vous obſerverez que le mêlange s'échauffe d'autant plus que l'eſprit-de-vin eſt plus pur, plus rectifié; car on voit par les expériences de M. Boerhaave *, que celui qu'il nomme *alchool*, & qui eſt le plus déflegmé, ayant été mêlé à poids égaux avec de l'eau de pluie diſtillée, a produit un degré de chaleur beaucoup plus grand qu'un eſprit-

* *Elem. chemiæ, Tom. I.* p. 197.

XIII. LEÇON.

de-vin commun employé à pareilles doſes avec la même eau ; la différence a été comme de 9 à 4, c'eſt-à-dire, de plus de moitié.

Les proportions que l'on met entre les deux quantités de liqueurs contribuent encore au plus ou moins de chaleur que l'on apperçoit dans le mêlange ; M. Geoffroy nous a appris, il y a déjà long-temps *, que le plus grand degré de chaleur naît de parties égales d'eſprit-de-vin & d'eau mêlées enſemble ; cependant par une ſuite d'expériences que j'ai faites autrefois ſous la direction de M. de Reaumur, mais dans des vues différentes, j'ai remarqué aſſez conſtamment que l'effet dont il eſt queſtion, venoit plus ſûrement de deux parties d'eau mêlées avec une partie d'eſprit-de-vin ; encore faut-il obſerver que j'ai meſuré mes quantités par le volume, & que M. Geoffroy a meſuré les ſiennes par le poids : ce qui fait encore différer davantage nos réſultats ; car comme l'eau eſt ſpécifiquement plus peſante que l'eſprit-de-vin, ſi ces deux liqueurs mêlées à poids égaux recevoient le plus grand degré de chaleur qui peut réſulter de leur mê-

* *Mém. de l'Ac. des Sc. 1713. p. 54.*

lange, il s'ensuivroit que, pour avoir cet effet, non-seulement il ne faudroit pas que le volume de l'eau fût à celui d'esprit-de-vin dans la proportion de deux à un, comme je l'ai trouvé, mais qu'il devroit être dans un rapport au-dessous même de l'égalité.

Cette différence vient probablement de ce que M. Geoffroy & moi avons fait nos expériences dans des températures assez éloignées l'une de l'autre : (*a*) & de ce que son thermometre, plus gros (*b*) que le mien, étoit plus difficile à s'échauffer, & par conséquent plus tardif à marquer le degré de chaleur précis du mêlange dans lequel il étoit plongé.

EXPLICATIONS.

NOUS pouvons considérer l'esprit-

(*a*) M. Geoffroy a fait ses épreuves dans un lieu où il commençoit à geler, & il a mêlé ses liqueurs lorsqu'elles avoient presque le froid de la glace. *Voyez le Mémoire cité.* J'ai fait les miennes dans un lieu où il faisoit une chaleur moyenne, comme de douze ou quinze degrés.

(*b*) C'étoit un thermometre fait selon la méthode de M. Amontons ; il subsiste encore, & la boule est grosse comme un petit œuf de poule.

XIII. LEÇON.

de-vin comme un fluide composé de petites masses raréfiées, spongieuses, pour ainsi dire, & capables de se diviser, de se dissoudre, & de s'étendre dans une liqueur propre à les pénétrer. Cette idée quadre assez bien avec la légéreté que nous remarquons dans cette liqueur, & avec quelques faits dignes de remarque, dont je ferai bientôt mention. D'un autre côté nous pouvons regarder l'eau comme un autre fluide, dont les parties plus propres à se dégager les unes des autres, s'insinuent aisément dans tous les pores qu'elles trouvent assez ouverts, ou d'une figure analogue à celle qu'elles ont elles-mêmes. La densité de l'eau que nous savons être plus grande que celle de l'esprit-de-vin, ne combat point cette supposition : une matiere, pour être plus dense qu'une autre, n'a qu'à avoir ses parties plus serrées, plus près les unes des autres, rangées dans un plus petit espace ; tout cela se fait d'autant mieux que ces parties sont plus fines, plus subtiles ; & avec une petitesse excessive rien n'empêche qu'elles ne soient très-libres entr'elles, qu'elles ne soient pas pelotonnées, &

par petits flocons, comme nous ſuppoſons celles de l'eſprit-de-vin ; car je penſe que les parties de l'eau ſont plus petites, d'une figure plus pénétrante, & plus libres entr'elles que celles de l'eſprit-de-vin ; & ſi j'avois à ſoutenir cette vraiſemblance par des faits, je ferois obſerver dans un détail qui ſeroit long, mais fort aiſé, que la premiere de ces deux liqueurs pénetre ou diſſout un plus grand nombre de différentes matieres que la ſeconde.

Quand ces deux liqueurs, (l'eau & l'eſprit-de-vin) ſe trouvent donc dans un même vaiſſeau, je conçois premiérement que les parties de l'une, aidées de leur propre poids & du mouvement qu'on leur a donné en les verſant bruſquement, diviſent en une infinité d'endroits la maſſe de l'autre ; & que réciproquement les parties de celle-ci, en vertu de leur grande mobilité, ſe ſéparent les unes des autres, pour faire place à celles qui les déſuniſſent, & ſe loger elles-mêmes entre ces petits corps. Juſques ici ce n'eſt qu'un ſimple mêlange, qui laiſſe ſubſiſter les unes & les autres parties dans leur entier.

XIII. LEÇON.

Je conçois en second lieu que les parties de l'eau très-pénétrantes de leur nature, se trouvant à portée d'entamer les molécules poreuses de l'esprit-de-vin, peuvent y entrer comme autant de petits coins, comprimer de part & d'autre les parois qui résistent à leur effort, & enfin rompre & diviser en mille manieres toutes ces petites masses.

(*a*) Ce mouvement intestin, cette division de parties, est ce qu'on appelle *fermentation*, ou *effervescence*. Il y en

(*a*) M. Homberg considérant ces mouvements intestins qui naissent dans différents mêlanges naturels ou artificiels, les distingue & leur donne différents noms. Il appelle *fermentation*, le mouvement qui se fait sentir dans un mixte, lorsque les parties sulphureuses se séparent des parties salines, ou lorsque ces mêmes parties s'unissent pour former un mixte. Il appelle *effervescence* le mouvement des parties de deux substances dont l'une pénetre l'autre : ce qui arrive non-seulement lorsqu'on mêle ensemble des acides avec des alkalis, (ce qui est pourtant le cas le plus ordinaire) mais aussi dans bien d'autres occasions, comme dans notre expérience, par exemple. Enfin il appelle *ébullition* le mouvement de deux matieres qui se pénetrent, & d'où il s'éleve un grand nombre de bulles d'air : ce qui se peut faire sans chaleur, ou avec refroidissement. Pour nous, comme

en a des exemples ſans nombre : & cet effet eſt preſque toujours accompagné d'une chaleur ſenſible, que l'on attribue, avec toute ſorte de vraiſemblance, au frottement & à la preſſion qu'exercent les parties du diſſolvant dans les pores de celles qui les reçoivent : car toutes ces particules regardées en elles-mêmes, quoique d'une petiteſſe preſque infinie, ſont pourtant des corps ſolides, dans leſquels il y a des portions de feu cachées ; & nous avons vu précédemment que de tels corps qui ſe frottent ou qui s'entre-choquent, peuvent s'échauffer juſqu'à brûler. Quand bien même le diſſolvant ne feroit qu'ouvrir les matieres qui contiennent le feu, & qui, par leur adhérence réciproque, s'oppoſent à ſon expanſion, cet élément mis en liberté ne doit-il pas faire ſentir ſon action ?

Les Phyſiciens ſont aſſez d'accord entr'eux ſur la cauſe prochaine de la fermentation, & ſur celle de la cha-

comme il ne s'agit point ici d'un Traité de Chymie, nous appellerons ces mouvements inteſtins accompagnés de chaleur ou d'inflammation, du nom commun & générique de *fermentation*.

XIII. LEÇON.

leur qui l'accompagne communément. Tous conviennent que de deux matieres qui fermentent ensemble, l'une pénetre l'autre, & que le mêlange s'échauffe, parce que les parties s'entre-choquent, & se frottent en se pénétrant. Mais ils ne s'accordent pas de même sur la cause de cette pénétration : il faut cependant qu'il y en ait une ; car quand on se représenteroit les parties pointues du dissolvant en présence & directement vis-à-vis des petites masses poreuses de la matiere dissoluble, comme des chevilles au bord de leurs trous, encore faut-il une puissance qui les y chasse, & qui anime leur effort.

Ceux qui reçoivent & défendent l'attraction comme une cause physique, expliquent tout à leur aise ces mouvements intestins des matieres qui fermentent. Il y a, disent-ils, une attraction réciproque entre le corps dissolvant & celui qui est dissoluble ; entre *l'acide* & *l'alkali* ; (*a*) dès que l'un

(*a*) Les mots d'*Acide* & d'*Alkali* sont consacrés pour désigner des matieres salines, du mêlange desquelles résultent presque toutes les fermentations ; cela n'empêche pas qu'il n'y ait

& l'autre ſont à portée de ſe joindre, cette vertu qui réſide en eux, tend à les unir de la maniere la plus complete, par le contact immédiat de leurs moindres parties, ce qui ne peut ſe faire que par la diviſion des molécules. XIII. LEÇON.

Il faut convenir que cela ne va point mal au premier coup d'œil, & que la plupart des difficultés qui ſe préſentent après, tombent également ſur les autres opinions. Mais quand cela iroit encore mieux, l'eſprit n'eſt point ſatisfait de cette explication, lorſqu'il vient à ſentir qu'elle eſt fondée ſur un principe que bien des gens ſuppoſent par goût, ou autrement, mais dont perſonne n'a jamais donné des preuves qu'on ne puiſſe légitimement conteſter.

Un homme littéralement attaché à la doctrine de Deſcartes, vous dira que le monde eſt rempli d'une matiere ſubtile qui ſe meut en toutes ſortes de ſens, & qui pénetre ainſi les corps les plus compacts; que dans le

d'autres matieres qui fermentent enſemble; & alors il y en a une qui fait fonction d'acide, & l'autre d'alkali. *Mém. de l'Aç. des Sc.* 1701. *p.* 97.

cas de la fermentation, ce ſont les impulſions redoublées de ce fluide par excellence, qui font entrer les pointes des acides dans les pores des alkalis.

Cette explication au moins nous offre un méchaniſme intelligible; elle n'exige pas que l'eſprit ſe prête gratuitement à des notions nouvelles auxquelles il n'eſt conduit par aucun exemple ; mais elle ſuppoſe des faits qui, ſelon moi, ne ſont point aſſez prouvés.

J'admettrois volontiers l'exiſtence d'une matiere extrêmement ſubtile, préſente par-tout & pénétrant avec la derniere facilité les corps les plus compacts, ſans m'embarraſſer de ſavoir quel rang a tenu cette matiere parmi les éléments de l'univers ; on eſt bien forcé d'en admettre une ſemblable pour expliquer avec quelque vraiſemblance les phénomenes du feu, & ceux de la lumiere : mais j'ai peine à croire que cette matiere, ſi elle exiſte, ſoit continuellement agitée en toutes ſortes de directions ; & que ſes différents mouvements (qui ſont progreſſifs) ne ſoient point altérés par tous les chocs qu'elle doit avoir à ſouf-

frir. Je demanderois encore comment au milieu de toutes ces impulſions qui ſe feroient ſouvent en ſens contraires, les pointes des acides frappés en même temps par les deux bouts, ſeroient chaſſées dans les pores de l'alkali ; car un clou n'avance ni ne recule entre deux coups de marteau d'égale force.

Avouons de bonne foi notre ignorance, en attendant les lumieres qui nous manquent ; ou ſi nous nous permettons des conjectures, tâchons au moins de les appuyer ſur des faits bien avérés, qui les rendent vraiſemblables ; bornons l'étendue de nos connoiſſances, ſi cela eſt néceſſaire pour les rendre plus certaines.

Ne pourroit-on pas dire, par exemple, que le diſſolvant eſt porté dans les molécules poreuſes du corps diſſoluble, par cette même puiſſance qui fait entrer les liqueurs dans tout ce qui eſt ſpongieux, ou percé d'une infinité de petits canaux capillaires ? On ſait que certaines conditions rendent cet effet plus prompt ou plus complet, & qu'en général ces canaux ſe rempliſſent avec d'autant plus d'activité qu'ils ſont plus étroits : les po-

XIII. LEÇON.

res des parties alkalines, ou diſſolubles, ne ſeroient-ils pas à l'égard du diſſolvant, en telle proportion que cette imbibition s'y fît avec encore plus de violence que nous n'en remarquons lorſqu'il s'agit de tuyaux capillaires d'une grandeur ſenſible ? & la rapidité de ces mouvements multipliés à l'infini dans un petit corps extrêmement poreux, ne pourroit-elle pas aller juſqu'à faire rompre les parois, & occaſionner une diſſolution totale ?

Si l'on me demande après cela quel eſt ce pouvoir ſecret qui fait entrer les liqueurs dans les corps ſpongieux, ou, ce qui eſt la même choſe, dans les tubes capillaires, j'avouerai ingénûment que j'en ignore la cauſe : mais un fait que perſonne ne conteſte, ne peut-il pas ſervir à en expliquer d'autres qui ſont plus obſcurs ?

Pour revenir à notre mêlange d'eſprit-de-vin & d'eau, je le regarderai donc comme une diſſolution qui ſe fait d'une liqueur par l'autre, comme une véritable fermentation ; & le degré de chaleur que j'y apperçois, comme une ſuite néceſſaire du choc & du frottement des parties, ou de l'action

du feu qui a été mis en liberté par la désunion de ces mêmes parties qui le tenoient renfermé entr'elles.

Les bulles d'air qui paroissent dans ce mêlange, & qui en troublent la transparence, sont celles qui étoient logées dans les pores de chaque liqueur, & qui, déplacées par la pénétration mutuelle des deux masses, dilatées ensuite par le nouveau degré de chaleur qui en résulte, s'élevent à la surface en vertu de leur légéreté respective.

Si l'esprit-de-vin déflegmé donne plus de chaleur que celui qui ne l'est pas, c'est qu'étant moins pénétré d'eau, il en est d'autant plus propre à l'admettre dans ses pores : & comme c'est de cette imbibition plus ou moins complete, plus ou moins prompte, que dépend le degré de fermentation, c'est aussi de cette même cause que la chaleur doit recevoir ses différents degrés.

Le degré de chaleur dépend encore, comme on l'a vu, de la proportion que l'on met entre les quantités des deux liqueurs mêlées, parce qu'avec une trop petite quantité d'eau, l'esprit-de-vin ne se dissout pas autant

XIII. LEÇON.

qu'il le pourroit, la fermentation en eſt moins forte ; & ſi l'on en met trop, l'excès de cette eau eſt une maſſe inutile qui ne contribue point à faire naître la chaleur, & qui, plus froide que ne ſeroit le mêlange le mieux proportionné, s'en approprie une partie, ainſi que le thermometre qui eſt plongé.

Dans l'explication que je viens de donner, j'ai ſuppoſé qu'une des deux liqueurs pénétroit l'autre, & en cela je n'ai rien dit que je ne ſois bien en état de prouver, en faiſant voir d'après les expériences de M. de Reaumur, * qu'un compoſé d'eau & d'eſprit-de-vin peſe ſpécifiquement davantage que les deux liqueurs compoſantes, avant le mêlange, ce qui ne peut ſe faire ſans que les deux volumes ſe confondent en partie.

* *Mém. de l'Ac. des Sc. 1733. p. 165.*

Ce fait également curieux & concluant pour ce que j'ai à prouver, ſe peut montrer de deux manieres. Premiérement. On a peſé la quantité d'eau qui étoit contenue dans un petit vaſe *A*, *Fig.* 6, que l'on avoit rempli fort exactement juſqu'au fil *b*, & l'on a trouvé ſon poids de 98 grains. On a vuidé ce vaiſſeau, & on l'a rempli pareillement juſqu'au

fil,

fil, d'esprit-de-vin dont le poids s'est trouvé de 82 grains $\frac{1}{2}$. Si l'on eût rempli d'eau les deux tiers du petit vaisseau, & l'autre tiers avec de l'esprit-de-vin qui ne se fût point mêlé avec l'eau, le poids total des deux liqueurs contenues eût été 65 grains $\frac{1}{3}$ d'eau & 27 grains $\frac{1}{2}$ d'esprit-de-vin, ce qui eût fait en somme 92 grains $\frac{5}{6}$. Mais au lieu de faire ainsi, on a composé une liqueur de deux parties d'eau, & d'une partie d'esprit-de-vin, bien mêlées ensemble, & l'on en a rempli le petit vase jusqu'au fil comme précédemment : alors le poids de cette quantité de liqueur composée s'est trouvé de 94 grains; d'où il paroît évidemment que sa densité étoit plus grande que celle qui sembloit devoir résulter des deux liqueurs composantes.

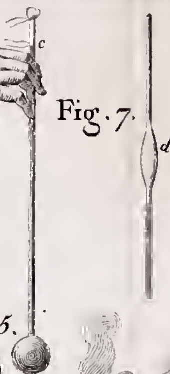
Secondement. On a pris une boule creuse de verre adaptée à un tube bien cylindrique, comme pour faire un gros thermometre, *Fig.* 7; on y a versé d'abord 200 mesures d'eau, (*a*) & par-

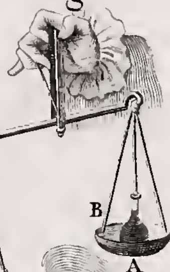
(*a*) On fait ces petites mesures assez commodément avec des chalumeaux de verre renflés, *d Fig.* 7, que l'on souffle à la lampe d'Emailleur.

XIII. LEÇON.

dessus l'on a fait couler très-doucement 100 mesures d'esprit-de-vin qui a surnagé ; on a marqué avec un fil, sur le tube, l'endroit où se terminoit la liqueur, & le vaisseau, ayant été bien bouché par en-haut, & ensuite agité pour occasionner le mêlange de l'eau & de l'esprit-de-vin : lorsque tout fut reposé & revenu à la température du lieu où se faisoit l'expérience, on a observé que la surface de la liqueur dans le tube se tenoit au-dessous du fil ; & pour remplir ce vuide, il a fallu ajouter 5 de ces mesures dont le volume d'esprit-de-vin employé contenoit 100. Ce qui fait, comme on voit, $\frac{1}{20}$ de diminution, eu égard au volume de cette liqueur ; les deux liqueurs se sont donc pénétrées en partie, pour former ensemble un volume plus petit que la somme des deux mesurées séparément.

Je n'ai pu me refuser de rapporter ici ce phénomene, qui n'est pas le seul de son espece ; j'invite les amateurs de la physique à s'instruire, par la lecture du Mémoire même, des circonstances & de toutes les observations intéressantes auxquelles il a donné occasion ;





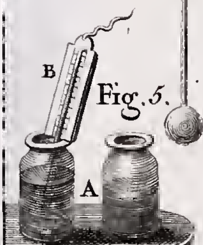


Fig. 8.

E

D.

ce que je ne pourrois faire entrer dans cet Ouvrage, sans sortir des bornes que je m'y suis prescrites.

VI. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Dans un grand verre à boire de la bierre, de ceux dont la coupe ressemble à une cloche renversée *D*, *Fig.* 8, on met 3 gros d'huile de Térébenthine (*a*) (la plus nouvelle est la meilleure): & dans un autre verre *E*, emmanché d'une baguette qui ait environ 3 pieds de longueur, on mêle ensemble un gros de bon esprit de nitre, & autant d'huile de vitriol concentrée; (*b*) tenant ensuite ce dernier ver-

(*a*) Je nomme ici l'huile de térébenthine, comme la plus facile à trouver, & celle qui coûte le moins: on peut également employer l'huile de Gayac, celles de Girofle, de Citron, de Menthe, de Genievre, de Fenouil, &c. & même les baumes naturels, celui de Copahu, & le baume blanc de la Meque.

(*b*) Au lieu de ces deux acides mêlés ensemble, on peut se servir d'une eau forte citrine distillée à la maniere de M. Hoffman, ou selon le procédé de M. Geofroy. *Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, pour l'année 1726, page 95*, où vous trouverez un détail très-curieux de ces sortes d'expériences.

XIII. LEÇON.

re par le bout du manche, on verſe en deux ou trois temps, mais à très-peu de diſtance l'un de l'autre, ce qu'il contient, dans le premier où l'on a mis l'huile de térébenthine.

EFFETS.

Dans le moment même que le mêlange ſe fait, on entend & l'on apperçoit une violente fermentation dans le verre qui contient ces liqueurs; il s'en éleve ſubitement une fumée fort épaiſſe, au milieu de laquelle on voit briller ordinairement une flamme qui s'élance juſqu'à la hauteur de 15 ou 18 pouces; & il ſe répand après, dans le lieu où l'on a fait l'expérience, une forte odeur aromatique qui dure longtemps, & qui eſt aſſez agréable quand elle eſt affoiblie.

EXPLICATIONS.

Les huiles eſſentielles des plantes, tant de celles qu'on apporte des Indes, que de celles qui naiſſent en Europe, ſont des liqueurs fort inflammables, que les Chymiſtes regardent avec raiſon comme une grande quantité de ſoufre étendu dans un peu de

flegme, c'eſt-à-dire, que la matiere du feu qui s'y trouve, comme par-tout ailleurs, n'y eſt enveloppée & retenue que par celle de toutes les matieres, qui en contient davantage, & qui eſt la plus propre à ne le retenir qu'autant qu'il le faut, pour animer ſon action. Lorſqu'un acide violent s'empare de ces huiles, & qu'il les pénetre de toutes parts avec précipitation, toutes les petites portions de feu irritées, pour ainſi dire, par le frottement & dégagées des liens qui les retenoient avant cette diſſolution, ſe mettent en liberté, éclatent de toutes parts, & diſſipent en flamme les parties du mêlange les plus ſubtiles; & les plus groſſieres s'exhalent en fumée, & en odeur.

Cet effet, tout merveilleux qu'il eſt, ne differe point eſſentiellement de celui que nous avons vu dans l'expérience précédente; c'eſt toujours l'action du feu excitée par la pénétration précipitée d'une liqueur dans l'autre, mais une action excitée juſqu'à l'embraſement. Quoiqu'on pût attendre un tel effet de cette cauſe bien méditée, ce dut être cependant

un ſpectacle bien ſingulier & bien ſurprenant en chymie, lorſqu'on vit naître une véritable inflammation du mêlange de deux liqueurs froides.

Il y a près d'un ſiecle que Beccher & Olaus Borrichius, le premier dans ſa Phyſique ſouterreine, le dernier dans les Actes de Copenhague, annoncerent ce phénomene ; mais ſoit qu'ils ne ſe fuſſent pas expliqués aſſez clairement, ſoit qu'on s'y prît mal pour les imiter, on travailla long-temps d'après ce qu'ils avoient dit, & l'on ſe rebuta preſque avant que de pouvoir répéter leur expérience avec ſuccès. Enfin en 1698, M. de Tournefort parvint à enflammer, non de l'huile de térébenthine, comme avoient fait les Auteurs que je viens de citer, mais l'huile tirée du bois de ſaſſafras par diſtillation, & nous voyons par les Mémoires de l'Académie des Sciences, pour l'année 1701, que M. Homberg, tant par ſes propres expériences, que par celles des autres, avoit déjà étendu cette découverte juſqu'à établir pour regle générale, qu'avec un eſprit acide bien déflegmé, on pouvoit enflammer toutes

les huiles essentielles des plantes aromatiques, pourvu que ces plantes fussent des Indes, parce que, disoit-il, celles de nos climats ne donnent jamais qu'une huile où le soufre est mêlé avec un acide qui fait manquer l'inflammation. Cette restriction fut levée en 1726, par M. Geofroy, qui fit voir par des preuves de fait, qu'on peut enflammer indifféremment l'huile essentielle des plantes d'Europe, comme on enflamme celle des aromates qui naissent aux Indes, en employant un acide convenable; & ce que cet habile Chymiste montroit en France, M. Hoffman le publioit en Allemagne, comme une découverte qu'il venoit de faire, quoique par un procédé un peu différent.

Il ne restoit donc plus pour généraliser cette nouvelle connoissance, que de trouver un moyen d'enflammer aussi les huiles grasses; (*a*) & c'est à quoi M. Rouelle est parvenu après un travail assez long. Tout dépendoit

(*a*) Par huiles grasses, ou pesantes, on entend ici celles que l'on tire des végétaux par expression, comme l'huile de noix, celles de chenevis, de navette, &c.

XIII. LEÇON.

d'un tour de main que le hazard auroit pu faire trouver au plus ignorant, mais que cet habile Chymiste n'a obtenu que par des connoissances réfléchies. On sait que le nitre ne s'allume point par l'attouchement de la flamme, mais seulement par celui d'un corps embrasé ; cette considération fit penser à M. Rouelle que, pour enflammer une huile, il seroit à propos 1° qu'elle y fût disposée par un certain degré de chaleur ; 2° que l'esprit de nitre dont il se servoit pour procurer cette inflammation, trouvât un charbon ardent, ou prêt à l'être, par l'attouchement duquel il pût s'enflammer lui-même ; au lieu de jetter dans l'huile tout en une fois son acide nitreux, ce qui n'eût produit que de la chaleur, ou du charbon, il le versa en deux ou trois fois, fort près l'une de l'autre : la premiere portion versée, ou la deuxieme échauffa l'huile, & en mit une partie en charbon, & la derniere portion venant à tomber aussi-tôt, s'alluma par l'attouchement du charbon, & enflamma l'huile qui étoit toute prête à l'être.

On peut donc enflammer l'huile de

térébenthine que j'ai employée dans notre expérience, avec l'eſprit de nitre ſeulement; & ſi j'y mêle l'huile de vitriol concentrée, ce n'eſt que pour rendre l'effet plus sûr; car comme cette huile ſe ſaiſit aiſément de toute l'humidité, elle acheve de déflegmer l'eſprit de nitre, & le rend par-là plus propre à l'effet auquel on le deſtine.

VII. EXPÉRIENCE.

Préparation.

Mettez dans une poële de fer, ou dans un plat de terre, ſur un réchaud plein de feu, quatre onces de miel commun, & deux onces d'alun de roche, caſſé en petits morceaux; remuez le tout avec une ſpatule, ou avec quelque choſe d'équivalent, juſqu'à ce que le mêlange ſoit non-ſeulement fondu, mais épaiſſi en conſiſtance de croûte, qu'il faut avoir ſoin de détacher & de briſer en petits grains, afin qu'on le puiſſe deſſécher plus aiſément & plus parfaitement.

Cette premiere préparation étant faite, mettez de ces petits grains bien deſſéchés dans un petit matras,

XIII. LEÇON.

autant qu'il en faudra pour remplir les deux tiers de la boule : placez ce matras légérement bouché avec du papier, dans un creuſet de telle grandeur qu'il puiſſe tenir environ un doigt de ſable deſſous, & autour de ce matras : entourez le creuſet de charbons dans un fourneau, & allumez le feu peu à peu pour donner le temps aux vaiſſeaux de s'échauffer ſans ſe rompre, & à la matiere de ſe purger de l'humide, & de tout le volatil qui lui reſte.

Quand vous verrez qu'il ne ſortira plus de fumée par le col du matras, vous augmenterez le feu juſqu'à ce que vous apperceviez toute rouge la matiere qui eſt dans le matras. Entretenez cet état pendant un bon quart d'heure, ou même une demi-heure, & alors vous pourrez tirer doucement & peu à peu le creuſet hors du fourneau.

Vous ſouleverez enſuite le matras pour le tirer du ſable en partie, & peu de temps après, encore davantage.

Enfin, ayant ôté le bouchon de papier, vous renverſerez l'embouchûre du matras ſur celle d'un petit flacon

de verre, & vous les tiendrez joints l'un à l'autre avec la main, & un linge replié en deux ou trois, que vous tiendrez ſerré autour, afin que l'air extérieur ne s'y introduiſe point, & que la poudre encore toute embraſée, qui tombe du matras ne s'échappe point au dehors. Ce qui étant fait, vous tiendrez le flacon fermé avec un bouchon de verre bien ajuſté pour en faire l'uſage qui ſuit.

EFFETS.

Cette poudre étant refroidie, ſi vous en jettez deux ou trois grains dans la main, ou ſur du papier, un inſtant après qu'elle a pris l'air elle s'échauffe, & chaque grain devient un petit charbon ardent, à la ſuperficie duquel on apperçoit dans l'obſcurité une petite flamme violette.

Cette eſpece de phoſphore, qu'on pourroit nommer *pyrophore* à plus juſte titre, puiſqu'il brûle encore plus qu'il n'éclaire, ſe conſerve pendant pluſieurs années, ſi l'on a ſoin qu'il ne prenne point l'air, & qu'on ne le tienne point en petite quantité dans un grand vaiſſeau, quoique fermé:

XIII. LEÇON.

mais quand on ouvre souvent le flacon qui le contient, ou qu'on n'a pas pris soin de tenir le doigt sur l'orifice, pour ne le laisser ouvert qu'autant qu'il le faut, pour en faire échapper quelques grains, peu à peu cette matiere perd de son activité, & tout son effet se borne à quelque léger degré de chaleur, qui ne va plus jusqu'à l'inflammation.

EXPLICATIONS.

M. Homberg travaillant sur la matiere fécale & sur l'alun mêlés ensemble, dans des vues qui sont étrangeres à notre sujet, s'apperçut que la tête morte de ce mêlange distillé étant tout à fait refroidie, prenoit feu d'elle-même, lorsqu'on donnoit un accès libre à l'air dans la cornue *; voilà l'origine (*a*) du phosphore ou du pyrophore, dont je viens de décrire la préparation & les effets; si je substi-

* *Mém. de l'Ac. des Sc.* 1711. *p.* 234.

(*a*) Il paroît pourtant par le Mémoire même de M. Homberg, que je viens de citer, que dans le temps même qu'il faisoit cette découverte, quelqu'un employoit comme remede une espece de sel qui avoit la propriété de s'enflammer à l'air.

tue le miel à la matiere fécale, c'eſt pour m'épargner un travail déſagréable qui n'eſt point néceſſaire ; car depuis cette découverte, un peu de réflexion, & l'expérience même ont fait connoître qu'on peut également réuſſir en mêlant avec l'alun toute matiere capable de donner par la diſtillation une huile fétide ; ainſi la chair, le ſang des animaux, le miel, la farine, &c. tout y eſt bon.

Pour rendre raiſon de l'embraſement ſubit qui naît ici par l'attouchement de l'air libre, je crois ne pouvoir mieux faire que de rapporter l'explication même qu'en a donné M. Homberg ; elle eſt très-plauſible, & aucun Auteur que je ſache n'a eſſayé d'en donner une meilleure. » Pour » avoir, dit-il, une idée vraiſemblable » de la maniere dont cette poudre » s'enflamme, il faut ſe ſouvenir qu'elle » eſt une matiere fortement calcinée » par le feu : elle a perdu dans cette » calcination toute la partie aqueuſe » qu'elle contenoit, & la plus grande » partie de ſon huile & de ſon ſel vo- » latil ; elle a acquis par-là beaucoup » de grands pores que les matieres

XIII. LEÇON.

» volatiles chaſſées par le feu ont laiſ-
» ſés vuide, de ſorte que la poudre
» qui reſte après la calcination, ne con-
» ſiſte qu'en un tiſſu ſpongieux d'une
» matiere terreuſe, qui a retenu tout
» ſon ſel fixe & un peu de ſon huile
» fétide, mais dont les pores & les
» locules vuides conſervent pendant
» quelque temps une partie de la flam-
» me qui les a pénétrés pendant la calci-
» nation, à peu près comme il arrive
» à la chaux vive dans ſa calcination.

» Cela étant, nous pouvons conſi-
» dérer que le ſel fixe, qui eſt en gran-
» de quantité dans cette poudre, ab-
» ſorbe promptement, & à ſon ordi-
» naire, l'humidité de l'air qui le tou-
» che, l'introduction ſubite de l'humi-
» dité de l'air dans les pores de la pou-
» dre y produit un frottement capable
» d'exciter un peu de chaleur, laquelle
» étant jointe aux parties de la flamme
» conſervée dans ces mêmes pores,
» compoſe une chaleur aſſez forte
» pour embraſer le peu d'huile, aiſé-
» ment inflammable, qui a échappé à
» la vigueur de la calcination, & qui
» fait partie de la poudre.

» Une preuve de cela, continue

» M. Homberg, eſt que quand on garde cette poudre en un vaiſſeau qui n'eſt pas exactement bouché, elle abſorbe peu à peu & lentement l'humidité de l'air qui la peut atteindre, ce qui n'eſt pas capable de faire aſſez de frottement pour exciter aucune chaleur ſenſible, & la poudre ſe gâte, enſorte qu'elle ne s'enflamme plus, de même que la chaux vive expoſée pendant quelque temps à l'air ne s'échauffe plus, parce qu'elle a abſorbé peu à peu une trop petite quantité d'humidité à la fois pour avoir reçu un frottement ſuffiſant qui puiſſe exciter de la chaleur.

Quand on reçoit quelques grains de pyrophore dans la main un peu humide par la tranſpiration, ils s'y allument plus ſûrement & plus promptement que quand la peau eſt plus ſeche; & quand on les examine avec une loupe de verre, un inſtant avant qu'ils paroiſſent embraſés, on les voit s'entr'ouvrir & les petits éclats ſe remuer, de la maniere qu'on l'apperçoit à la vue ſimple dans un morceau de chaux vive, ſur lequel on a jetté de l'eau par aſperſion.

XIII. LEÇON.

Ces deux faits, dont je ſuis sûr, ne confirment point mal l'explication de M. Homberg, & nous invitent à croire que l'humidité qui regne toujours dans l'air, fait à l'égard de ces petits grains calcinés, ce que l'eau opere dans les molécules de l'eſprit-de-vin, & l'acide nitreux dans celles des huiles eſſentielles, un frottement conſidérable en s'y introduiſant, une prompte & extrême diviſion des parties propres du corps diſſoluble, & la liberté au feu qu'elles renferment, d'exercer ſon action.

APPLICATIONS.

Des trois dernieres expériences que j'ai rapportées, on peut tirer cette conſéquence, que quand les molécules qui compoſent un certain volume de matiere, reçoivent des chocs ou des frottements qui vont juſqu'à les diviſer, ſoit que ces mouvements naiſſent dans la matiere même par une cauſe interne, soit qu'on les y excite par l'introduction ou le mêlange d'une autre ſubſtance; pour l'ordinaire, il en réſulte des degrés de chaleur qui peuvent aller juſqu'à l'embraſement:

je dis pour l'ordinaire, car on pourroit m'objecter l'exemple de quelques mêlanges, où il se fait un bouillonnement qu'on prendroit pour une véritable effervescence, mais qui sont cependant accompagnés d'un refroidissement que le thermometre fait appercevoir clairement. XIII. LEÇON.

Presque toutes les liqueurs odorantes qu'on met dans les flacons de poche, ou dans ceux dont on garnit les toilettes, ne sont autre chose que de l'esprit-de-vin chargé de quelque huile essentielle de plante aromatique, telles sont les eaux de la Reine d'Hongrie, de Mélisse, de Lavande, quand on les mêle en suffisante quantité avec de l'eau; on ne doit point être surpris que ce mêlange reçoive tout d'un coup un degré de chaleur sensible; c'est au fond la même chose que ce que nous avons vu dans la cinquieme expérience.

L'eau-de-vie commune & le meilleur vin ne font pas la même chose, quoique l'une & l'autre liqueur soit en partie de l'esprit-de-vin, parce que, comme je l'ai dit plus haut, la chaleur n'est causée qu'autant que l'eau pénetre l'esprit-de-vin, & qu'elle le

XIII. LEÇON.

diſſout, pour ainſi dire; mais quand cet eſprit eſt déjà ſuffiſamment étendu dans ſon flegme naturel, ou dans l'eau qu'on y a ajoutée, il n'y a plus de pénétration à attendre, ni par conſéquent de nouveaux degrés de chaleur.

La matiere de la tranſpiration tient beaucoup de la nature de l'eau ou de celle de l'urine, ces deux liqueurs mêlées avec l'eſprit-de-vin s'échauffent ſenſiblement; n'eſt-ce point par cette raiſon qu'on ſent de la chaleur à la peau, quand on s'eſt frotté certaines parties du corps, avec de l'eſprit-de-vin pur, ou avec quelque liqueur dont il eſt la baſe?

Si quelqu'un, pour épargner des frais de tranſport, trouvoit qu'il y eût à gagner en réduiſant l'eau-de-vie en eſprit, ſauf à y remettre la quantité d'eau convenable (*a*) quand la liqueur ſeroit arrivée au lieu de ſa deſtination; je ne crois pas qu'il dût faire

(*a*) Pour faire avec de l'eſprit-de-vin & de l'eau une liqueur à peu près ſemblable à de l'eau-de-vie, pour la force, ou pour le degré de dilatabilité, il faut les mêler dans la proportion de 3 à 2; c'eſt à-dire, trois parties d'eau ſur deux d'eſprit-de-vin.

entrer en déduction le déchet de volume qui se fait & qui va, comme nous l'avons dit, jusqu'à $\frac{1}{20}$; car il est plus que probable que ce déchet se fait aux dépens de l'eau. De deux matieres, dont l'une pénetre l'autre, il est naturel de penser que la plus poreuse, la plus pénétrable est celle qui reçoit l'autre dans ses pores; l'esprit-de-vin plus léger que l'eau, est sans doute celle des deux liqueurs qui a le plus de vuides à remplir. (*a*)

Tous les végétaux qui fermentent, ne manquent pas de s'échauffer à proportion du mouvement intestin qui les agite; le vin qui bout dans la cuve, le cidre & la biere qui forcent les tonneaux, le gonflement & l'effervescence des cerises & des autres fruits qu'on a écrasés pour faire des ratafias, sont autant d'exemples sensibles & familiers de cette vérité.

Les parties constituantes d'un mixte étant elles-mêmes de petites masses composées de plusieurs principes plus légers, plus volatils les uns que les

(*a*) Voyez le Mémoire de M. de Reaumur, cité ci-dessus, page 220, où ce que l'on suppose ici est plus amplement prouvé.

autres; dès que ces principes viennent à ſe déſunir par la fermentation, ceux qui ſont les plus propres à s'évaporer quittent la maſſe dont ils faiſoient partie, & ſe diſſipent dans l'air. Delà vient l'odeur forte que l'on ſent dans les celliers où l'on fait le vin ou d'autres boiſſons, & généralement auprès de tous les corps qui fermentent un peu fortement. Ces vapeurs ſont quelquefois ſi abondantes & ſi actives, qu'on a vu des hommes & d'autres animaux en être ſuffoqués dans un inſtant.

Mais comme ces évaporations ſe font aux dépens de certaines parties, & non-pas de toutes également, c'eſt une conſéquence néceſſaire que la nature du mixte dans lequel ſe fait la fermentation, en reçoive un changement notable, puiſque la doſe ou la proportion des principes n'eſt plus la même qu'elle étoit; auſſi remarque-t-on que le goût & l'odeur en ſont différents, & ſouvent même la couleur, la conſiſtance, ou la fluidité, & d'autres qualités accidentelles qui dépendent du nouvel arrangement des parties qui reſtent, ou des nou-

veaux rapports qu'elles ont entr'elles. Le vin qui a cuvé ne ressemble plus à celui qui coule de la fouloire.

Dans un mixte qui a fermenté, les parties constituantes se composent donc de nouveau; & comme la Nature agit avec d'autant plus de lenteur, qu'elle a dessein de former un ouvrage plus durable, ce n'est qu'après un temps assez long qu'on doit attendre un état décidé & fixe : aussi voyons-nous que les vins qui ont été gardés avec des précautions convenables, sont meilleurs & plus constamment bons que ceux de la même qualité qui sont plus nouveaux.

On peut dire que les choses se passent ainsi pour l'ordinaire ; mais cette regle générale a des exceptions qui dépendent de plusieurs causes particulieres, dans le détail desquelles je ne dois pas entrer ici. Je remarquerai seulement que dans l'intervalle de temps qu'une matiere emploie à se recomposer après avoir fermenté, il peut arriver que cette opération naturelle soit troublée par une nouvelle fermentation, ou seulement par quelque évaporation qui diminue encore la

XIII. LEÇON.

dose des principes d'une certaine espece, & alors le nouveau composé ne pourra pas être tel qu'il auroit été sans cet accident; ainsi le vin qui travaille après être fait, pour parler le langage de l'art, court risque de se gâter s'il n'a que les principes qu'il lui faut pour être bon : & au contraire s'il en a quelques-uns de surabondants dont il puisse se purger, cette nouvelle fermentation y donnera lieu, & pourra le rendre meilleur.

Ce dernier cas est le plus rare; & c'est pour cela que l'on fixe autant que l'on peut les liqueurs fermentées dans des bouteilles d'une médiocre capacité : ce moyen est assez sûr, quand le vaisseau est bien fermé, incapable de s'étendre comme pourroit faire un tonneau, & assez solide pour résister à l'effort qui se fait au-dedans; voici une expérience bien simple qui le prouve.

Dans un tube de verre fermé hermétiquement par un bout, versez d'abord une certaine quantité d'huile de vitriol, & par-dessus faites couler doucement autant d'eau commune. Je dis doucement, afin que les deux liqueurs ne fassent que se toucher sans

ſe mêler : tenez enſuite le tube fermé, ou avec le bout du doigt, ou avec de la cire, & par-deſſus un morceau de veſſie mouillée, que vous lierez fortement ; mêlez enſuite les deux liqueurs en agitant le tube, vous n'aurez point de fermentation, quoique ce mêlange ſoit bien capable d'en faire une ; mais ſi vous ôtez le bouchon, vous aurez auſſi-tôt une effervescence conſidérable.

Il réſulte de cette expérience & de quantité d'autres ſemblables, que je pourrois citer, que la fermentation, ſur-tout celle qui doit être accompagnée d'effervefcence, n'a pas lieu dans un vaiſſeau bien bouché, & la raiſon s'en préſente d'elle-même ; les parties des liqueurs pour fermenter doivent ſe déſunir & ſe déplacer ; pour cet effet il leur faut plus d'eſpace qu'elles n'en occupent dans leur état naturel ; car tout aſſemblage de corps qui ſe dérange ne manque pas d'étendre ſes limites : ſi le lieu où elles ſont eſt rempli, ou par elles-mêmes, ou par de l'air qui ne puiſſe point aſſez céder aux efforts qu'elles font pour ſe mouvoir, elles ſeront contenues dans leur

XIII. LEÇON.

ancien état, & elles garderont tout au plus, & pour un temps, une diſpoſition prochaine à fermenter, auſſi-tôt qu'elles en auront la liberté, comme nous le voyons tous les jours à l'ouverture des bouteilles de vin de Champagne ou de biere nouvelle.

Ce qu'on nomme vulgairement *putréfaction* ou *pourriture*, n'eſt autre choſe qu'une fermentation qui a fait plus ou moins de progrès, & ne convient qu'à des matieres mixtes, à des corps dont les parties conſtituantes peuvent ſe décompoſer : de l'eau bien pure, par exemple, ne fermente point ſeule, parce que toutes ſes parties ſont homogenes, ou comme telles, & qu'après une évaporation conſidérable, ce qu'il en reſte dans le vaiſſeau, eſt un aſſemblage de parties, en plus petit nombre à la vérité, mais toujours eſſentiellement ſemblables à celles qui ont été évaporées. La corruption que l'on apperçoit dans l'eau, quand il y en a, eſt une preuve très-certaine qu'elle n'eſt point pure, & que ce qu'elle contient d'étranger eſt une matiere mixte capable de s'altérer, de ſe décompoſer.

Quoique

Quoique l'eau pure ne fermente point par elle-même, elle peut aider la fermentation des autres corps. Les herbes & les plantes ſont aſſez ſujettes à ſe pourrir & à s'échauffer ; mais on remarque que cela leur arrive principalement dans ces deux circonſtances réunies : 1° quand on les coupe en état de verdeur, c'eſt-à-dire, avant qu'elles ſoient ſéchées ſur pied ; 2° lorſqu'on les tient amoncelées ſans les remuer.

Les ſucs des plantes vertes ſont pour l'ordinaire des parties graſſes & ſalines combinées de différentes manieres, & étendues dans beaucoup de flegme : tant que ce flegme (qui n'eſt, à proprement parler, que de l'eau) eſt aſſez abondant, il entretient la mobilité des autres principes, & la ſoupleſſe des fibres qui doivent ſe prêter à leurs mouvements. Dans une plante vivante, cette fonction de la partie aqueuſe entre avec ſuccès dans les vues de la Nature ; c'eſt un véhicule employé & dirigé ſelon les loix de la végétation ; mais quand le tranchant du fer a interrompu cette économie ; quand la plante ceſſe de vé-

XIII. LEÇON.

géter, alors chaque principe, comme abandonné à lui-même, & n'étant plus déterminé par les cauſes qui le faiſoient précédemment concourir à la nutrition & à l'accroiſſement du corps organiſé auquel il appartient, demeure libre d'obéir à toute autre détermination. En un mot, on peut regarder tous les autres principes d'une plante morte par rapport au flegme qui les abreuve, comme autant de parties oiſives qui nagent dans une certaine quantité d'eau ; ſi ces parties peuvent s'exhaler promptement, ſi rien d'ailleurs ne s'oppoſe à leur évaporation, les plus volatiles abandonneront la maſſe, & les plus fixes demeureront unies ſous un moindre volume : tel eſt l'état d'une plante qui ſe deſſeche.

Mais ſi cette prompte évaporation n'a pas lieu, la partie aqueuſe, toujours fort abondante, agira comme diſſolvant ſur les autres ; elle les pénétrera, elle les diviſera, elle les agitera de toutes les manieres ; & à leur tour, ces principes développés, & comme aiguiſés par la diviſion, porteront auſſi leur action ſur les ſolides,

& il ſe fera une diſſolution générale. Comme tout cela ne peut ſe faire ſans que la matiere du feu ſe dégage, & ſe mette en jeu, cette putréfaction doit être accompagnée d'un certain degré de chaleur ; & voilà préciſément ce qu'on voit arriver aux légumes, aux feuilles des arbres, & aux herbes vertes que l'on a mis en tas.

C'eſt donc avec grande raiſon que l'on prend ſoin de faire bien ſécher les herbes des prairies après qu'on les a fauchées, en les étendant & en les retournant pluſieurs fois pendant la plus grande ardeur du ſoleil : cette façon, qu'on nomme *fanner*, eſt ſi néceſſaire, que quand on la néglige un peu, ou que le mauvais temps en empêche les effets, le foin ne manque pas de s'échauffer & de prendre un mauvais goût. On aſſure même qu'on l'a vu quelquefois prendre feu de lui-même dans les granges, & cauſer d'affreux incendies. Ce que je dis ici du foin doit s'entendre de tous les végétaux, & de la plupart des fruits ; quand il s'agira de les ſerrer, ou de les garder long-temps, on doit avoir attention qu'ils ſoient ſuffiſamment ſéchés, que

XIII. LEÇON.

leurs sucs soient comme fixés par un certain degré d'épaississement, & que les solides qui les renferment ne puissent être entamés ou amollis par aucune humidité extérieure.

Sans cette derniere précaution, la paille même la plus seche devient fumier ; & le fumier, comme l'on sait, n'est autre chose que la litiere des chevaux, des vaches, & des autres animaux, qui se pourrit & qui fermente avec les excréments. Comme cette fermentation se fait avec lenteur, le degré de chaleur qui en résulte est doux, & peut durer long-temps. C'est pourquoi l'on s'en sert avec beaucoup d'utilité, non-seulement pour engraisser les terres & les fertiliser, mais encore pour échauffer les couches des potagers, & procurer d'avance à certaines plantes la douce température qu'une saison trop tardive ne pourroit leur donner.

M. de Reaumur, toujours aussi attentif qu'il est ingénieux à rendre la physique utile, vient de faire une application fort importante de ce moyen qui est si facile & qui coûte si peu. Il s'en sert avec tout le succès qu'on

peut déſirer pour ſuppléer à la chaleur d'un oiſeau qui couve. Il laiſſe aux poules de ſa baſſe-cour le ſoin de pondre des œufs, & il les diſpenſe de celui de les faire éclore ; delà il arrive qu'il a beaucoup plus d'œufs qu'il n'en auroit, car on ſait que les poules ne pondent point pendant tout le temps qu'elles mettent à couver, & encore au-delà : il place ces œufs en tel nombre qu'il veut dans un ou dans pluſieurs paniers plats ; il met ces paniers les uns ſur les autres dans un tonneau couvert d'une planche arrondie & entouré de fumier nouveau : un ſeul homme prend ſoin que la chaleur s'entretienne toujours à peu près égale, (*a*) & au bout de vingt & un

(*a*) Pour cet effet, il y a parmi les œufs un ou pluſieurs petits thermometres que l'on a ſoin de viſiter de temps en temps ; quand la chaleur eſt trop forte, on donne un peu d'air frais en ôtant un moment cette planche arrondie, qui ſert de couvercle au tonneau, ou en débouchant des trous qu'on y a pratiqués. Si au contraire la chaleur devient trop foible, on ajoute du fumier plus nouveau autour du tonneau. La précaution la plus eſſentielle qu'on doit avoir, c'eſt qu'il ne regne point d'humidité dans le tonneau, & pour cela il faut qu'il ſoit enduit de plâtre en dedans, & que cet en-

XIII. LEÇON.

jours, terme ordinaire de l'incubation naturelle, on voit éclore des poulets qui ne connoiſſent point de mere ſous l'aile de laquelle ils puiſſent être reçus; on y a ſuppléé en les faiſant paſſer du tonneau dans une caiſſe longue, auſſi entourée de fumier, mais inégalement, afin que les nouveaux-nés puiſſent eux-mêmes choiſir le degré de chaleur qui leur convient le mieux.

Voilà donc ces fameux fours d'Egypte (*a*) ſi long-temps enviés par d'autres Nations, vainement déſirés & tentés par les Princes (*b*), les voilà

duit ait eu tout le temps de ſécher : le degré de chaleur le plus convenable c'eſt 32 degrés au thermometre de M. de Reaumur; mais quelques degrés de plus ou de moins ne gâtent rien.

(*a*) Les habitans de Bermé, village d'Egypte à cinq lieues du Caire, ſont depuis très-long-temps dans l'uſage de faire éclore dans des fours faits exprès des œufs qu'on leur porte par milliers, & de cette pratique dont ils ſont ſeuls en poſſeſſion, ils ſe ſont fait un commerce très-conſidérable.

(*b*) J'ai vu faire il y a treize ou quatorze ans, à Chantilly, bien des tentatives inutiles à ce ſujet : on ſe ſervoit d'étuves avec un feu de lampe; mais apparemment que la vapeur de l'huile empêchoit le ſuccès. Pluſieurs fois le poulet s'eſt formé, mais il n'eſt jamais venu à bien.

donc enfin imités, (je dirois presque surpassés, eu égard à la facilité & au peu d'appareil de l'opération,) par des fours de fumiers. Quand on a vu ce dont il est question, quand on en a admiré le succès, on est presque aussi surpris de voir que cela ait été si long-temps à se présenter, & que ce dût être le fruit des recherches d'un grand homme : mais ne sait-on pas que nous nous éloignons souvent des objets que nous cherchons, parce que nous ne pouvons pas nous imaginer qu'ils soient si près de nous : il y a presque autant de mérite à replier son esprit sur des choses simples pour y recueillir une vérité que personne ne daignoit y chercher, qu'il peut y en avoir à lui laisser prendre tout son essor pour faire une découverte à laquelle bien d'autres prétendent.

Les fours où l'on entretient continuellement un très-grand feu, tels que sont ceux des verreries ou des faïanceries, périssent entiérement & se dissolvent, pour ainsi dire, lorsqu'on les éteint pour les raccommoder, si l'on ne prend pas la précaution d'en fermer exactement toutes

XIII. LEÇON.

les bouches & tous les endroits par où l'air pourroit y entrer librement. C'eſt un fait que j'ai appris des Ouvriers mêmes & des Directeurs de ces Manufactures, & contre lequel je les ai vu ſe mettre en garde. Les effets de l'air humide ſur le pyrophore de M. Homberg, dont nous avons parlé dans la derniere expérience, nous mettent à portée de rendre raiſon de celui-ci; car comme cette matiere fortement calcinée ſe ſaiſit avec avidité des particules d'eau qui la touchent, & qu'elle perd par cette imbibition ſubite preſque toute ſa conſiſtance, de même l'humidité de l'air ne manqueroit pas de pénétrer intimement les eſpeces de briques dont ces fours ſont fabriqués en dedans, ſi leurs pores, extrêmement dilatés par l'action du feu, n'avoient tout le temps qu'il leur faut pour ſe reſſerrer, avant qu'on les ouvre pour les réparer.

C'eſt ici le lieu de dire un mot des météores enflammés, qu'on attribue communément à certaines exhalaiſons qui s'embraſent ſous différentes formes dans l'athmoſphere, par fermentation ou autrement: c'eſt un ſujet

qu'il ſeroit bien difficile de traiter à fond, ſur-tout ſi l'on ſe propoſoit non-ſeulement d'expoſer, mais auſſi d'expliquer tous les phénomenes qu'il préſente. Preſque tous ces feux aëriens impriment plus de frayeur que de curioſité à la plupart de ceux qui en ſont témoins; s'il s'en trouve qui aient le courage de vouloir les obſerver, ces effets, preſque toujours momentanés, échapent aux yeux les plus attentifs; & ſi l'on veut s'en inſtruire par le rapport d'autrui, l'amour du merveilleux dans une matiere qui n'en a déjà que trop, altere bien ſouvent la vérité des récits, & enveloppe un fait qui eſt vrai, dans des circonſtances qui ne le ſont pas, & qui le rendent inexplicable.

C'eſt pourquoi nous ſommes encore peu inſtruits ſur cette partie de la Phyſique qui attire depuis tant de ſiecles les regards & l'attention des hommes. Nous n'avons ſur les météores enflammés que des conjectures; encore eſt-il plus facile de les attaquer par des objections ſérieuſes, que de les défendre par des raiſons ſatisfaiſantes de tout point; conjectures ſur la vraie

matiere de ces feux ; conjectures ſur la cauſe de leur inflammation ; conjectures ſur la maniere dont ils operent les effets qu'on eſt comme forcé de leur attribuer : incertitude par-tout.

A l'égard des matieres que la nature emploie pour ces grandes & effrayantes opérations, il eſt aſſez naturel de penſer qu'elle les choiſit parmi les exhalaiſons qui s'élevent de la terre, & qui montent dans l'athmoſphere juſqu'à une certaine hauteur. Ce qui autoriſe à le croire, c'eſt que ces feux ſont plus fréquents & communément plus conſidérables, ſuivant les lieux & la ſaiſon où l'on ſait que ces ſortes d'exhalaiſons propres à s'enflammer, ſont plus abondantes ; dans les pays chauds & pendant l'été des autres climats, dans les contrées où le terrein eſt bitumineux ou mêlé de ſoufre, on voit plus ſouvent qu'ailleurs, & que dans d'autres temps, les phénomenes dont il eſt queſtion.

Ces petites flammes errantes, par exemple, qu'on nomme *Feux folets*, & auxquels les gens de la campagne attribuent tant de malignité, ſe voient aſſez communément ſur la fin de l'été,

ou au commencement de l'automne dans les endroits marécageux & dans les cimetieres où la terre eſt graſſe & ſulphureuſe de ſa nature, ou par les cadavres qu'elle renferme; l'état du lieu & celui de la ſaiſon déterminent à croire que ce ſont des petits nuages d'exhalaiſons enflammées, ou peut-être ſimplement phoſphoriques, qui flotent au gré du vent, & qui continuent de luire juſqu'à ce que la matiere qui fournit à l'inflammation, ſoit entiérement conſumée, ou que la lumiere dont elle brille, ſoit éteinte.

Un voyageur mal inſtruit de la route qu'il doit tenir, court riſque de s'égarer, ou de tomber dans quelque précipice, s'il s'obſtine à ſuivre cette lueur incertaine & vacillante; mais ce n'eſt point, comme on le voit bien, par la malice de ſon guide; c'eſt parce qu'il eſt mal éclairé dans des lieux où il y a aſſez ordinairement des marres ou des trous pleins d'eau.

J'ai peine à croire, comme l'aſſure Robert Flud, que quand on ſe ſaiſit de ces feux, ou que quand on remarque l'endroit où ils ſe ſont poſés, on y trouve une matiere glaireuſe; il fau-

droit donc qu'elle fût bien raréfiée, pour se soutenir en l'air si long-temps. Au reste si cette observation étoit bien constatée, il ne faudroit plus regarder ce phénomene comme un feu, comme une vapeur enflammée, mais simplement comme un phosphore volant.

Il n'est pas douteux que parmi une infinité de matieres différentes qui s'exhalent de la terre, il n'y en ait beaucoup qui soient de nature à s'enflammer; les différentes odeurs qui se font sentir dans les jardins, près des cloaques, dans les voiries & ailleurs, nous prouvent incontestablement que les exhalaisons sont de toutes les especes; que l'air se charge des sels, des soufres, des huiles, des esprits, comme des parties aqueuses, dont nous n'ignorons pas qu'il est abondamment rempli.

Et toutes ces substances que nous savons être inflammables, lorsqu'elles sont en liqueurs, ne le sont pas moins lorsqu'elles sont subtilisées, & réduites en vapeurs. Combien de plantes aromatiques dont on voit les exhalaisons s'enflammer, lorsqu'on en approche une bougie allumée dans un lieu obscur? La fraxinelle, par exem-

ple, eſt très-propre à cette épreuve : & ſi l'on veut encore quelque choſe de plus frappant, on peut recevoir dans une groſſe veſſie ſeche & bien tranſparente la fumée d'un peu d'huile de Térébenthine que l'on fera bouillir dans un petit matras ſur des charbons ardents. La veſſie étant bien remplie de cette fumée, & ouverte ſeulement d'un trou large comme un petit écu, ſi l'on y préſente la flamme d'une chandelle, toute la vapeur, (fût-elle refroidie) s'allumera ſubitement, & pluſieurs fois ſucceſſivement.

C'eſt par de pareilles expériences que l'on eſſaie d'expliquer ces feux que nous appercevons ſi ſouvent à des hauteurs aſſez conſidérables dans l'air, tantôt ſous la forme d'une fuſée, & que le vulgaire appelle pour cela *Etoiles qui filent*, tantôt ſous la figure d'un petit globe rayonnant de lumiere, & qui deſcend avec une médiocre vîteſſe, ce que l'on nomme parmi le peuple *Etoile tombante*. Ces apparences, dit-on, ſont cauſées par des traînées ou par des petits nuages de vapeurs inflammables qui s'allument, & dont la lumiere prend telle ou telle di-

XIII. LEÇON.

rection, tel ou tel degré de vivacité, ſuivant la poſition & la nature des matieres qui prennent feu.

Il ne manque à cela, pour quadrer avec les exemples ſur leſquels on s'appuie, que la chandelle qui doit mettre le feu à ces matieres combuſtibles, & qu'on ſuppoſe toutes prêtes à s'enflammer; mais comme elles ſont de nature à fermenter avec d'autres matieres qui peuvent s'être élevées de la terre auſſi-bien qu'elles, & que ces ſortes de fermentations, comme nous l'avons fait voir, peuvent aller juſqu'à l'inflammation, on peut encore, ſans rien outrer abſolument, imaginer que les unes & les autres ſont parvenues à la même hauteur par différentes routes, & que le feu qu'on apperçoit, annonce le moment où elles ſe joignent & ſe mêlent.

Si cependant ces déflagrations fortuites de matieres ſpécifiquement différentes, qui s'élevent dans le même milieu ſans ſe mêler, ſi ce n'eſt en certains cas, avoient peine à gagner la confiance du Lecteur; ſi de plus ces fermentations enflammées dont nous avons donné un exemple dans la ſixie-

me Expérience, bien-loin de lui prouver la poſſibilité de celles qu'on ſuppoſe dans l'athmoſphere, (toujours chargée de quelque humidité,) ne faiſoient que lui rendre cette ſuppoſition plus ſuſpecte, à cauſe de l'attention ſcrupuleuſe, mais néceſſaire, que nous avons eue de n'employer que des matieres bien déflegmées; ce ne ſeroit pas la peine de ſuivre plus loin les raiſons que l'on prétend donner des autres phénomenes du même genre: car on va voir les *peut-être* ſe multiplier & les vraiſemblances diminuer à meſure que nous entrerons plus avant dans l'examen des météores fulminants.

Qu'eſt-ce que cette lumiere vive & ſubite qui s'élance d'un nuage entre-ouvert, & qu'on nomme *Eclair*? Quelle eſt la cauſe de ce bruit terrible que nous entendons au-deſſus de nos têtes, qui éclate de mille manieres différentes, & qu'on appelle *Tonnerre*? Enfin qu'eſt-ce que cette matiere que nous appellons *foudre ou carreau*, qui renverſe en un clin d'œil les édifices les plus ſolides, qui brûle & qui fond les corps les plus durs, & dont les effets tiennent du prodige, non-ſeule-

XIII. LEÇON.

ment par leur grandeur, mais encore plus par leur ſingularité ?

Nombre d'Auteurs ont fait leurs efforts pour répondre à ces queſtions: parmi ceux qui me paroiſſent avoir le mieux réuſſi, on peut conſulter principalement une ſavante Diſſertation du P. de Lozeran Jéſuite, qui fut couronnée par l'Académie de Bordeaux en 1726. On y verra non-ſeulement, comme dans preſque tous les ouvrages où ce ſujet eſt traité, que la matiere propre du tonnerre eſt compoſée d'exhalaiſons qui s'enflamment ; mais on y apprendra encore comment elle ſe prépare dans la nuée, & par quel méchaniſme elle prend ſon eſſor. Si l'obſervation qu'on lit dans une lettre à part, à la ſuite de cette Diſſertation, a été faite par un homme qui ait vu de ſang froid tout ce qu'il rapporte, & qui n'ait rien mis de ſon imagination, il faut avouer que le Pere de Lozeran n'avoit point mal deviné, & à l'égard de l'Obſervateur, c'eſt bien le cas de dire qu'il a pris la nature ſur le fait.

Sans entrer dans un détail auſſi délicat, nous ſuppoſerons, comme on fait en général, que la matiere du

tonnerre

tonnerre eſt un mêlange d'exhalaiſons capables de s'enflammer, en fermentant, ou par le choc & la preſſion des nuées que les vents agitent & pouſſent violemment les unes contre les autres.

Lorſqu'une portion conſidérable de ce mêlange vient à prendre feu, il ſe fait une exploſion plus forte ou plus foible, ſuivant la quantité ou la nature des matieres qui s'enflamment, ou ſuivant le plus ou le moins d'obſtacles qui s'oppoſent à leur expanſion ſubite.

Si l'inflammation ſe fait d'une médiocre quantité de matieres, & au bord de la nuée; cet effet ſe paſſe ſans bruit, au moins à notre égard, il n'en réſulte qu'un éclat de lumiere à peu près comme ſi nous appercevions de loin une certaine quantité de poudre qui s'enflammât librement en plein air, & ſans être renfermée. Voilà l'éclair qui nous éblouit, ſans nous rien faire entendre. Mais quelle vivacité de lumiere pour une ſimple vapeur qui s'allume loin de nous! Combien n'en fautil pas pour nourrir pendant cinq ou ſix heures, & même davantage, tous ces feux qui ſe ſuccedent continuelle-

XIII. LEÇON.

ment ! Et comment tant de matieres brûlées ne répandent-elles pas une odeur qui parvienne jusqu'à nous, surtout quand il tombe une pluie abondante de l'endroit même où se font toutes ces déflagrations ! Passons à d'autres effets.

Qu'une plus grande quantité de cette même matiere vienne à fermenter dans le corps même de la nuée, aussi-tôt grande effervescence, bouillonnements, explosions : & si cette premiere portion éclatant ainsi, en rencontre une semblable qui n'ait point tout ce qu'il lui faut de mouvement pour éclater elle-même, elle l'animera de son action, & celle-ci une troisieme : de proche en proche il se fera une suite d'explosions d'autant plus violentes que ces matieres seront enveloppées de nuages plus épais. C'est ainsi, dit-on, que se font ces coups simples, ou redoublés, qu'on entend quand il tonne, & dont les échos peuvent encore augmenter la durée.

La nuée entr'ouverte, par les grandes explosions, laisse échapper une partie de ces feux qu'elle renferme. Autant de fois que cela arrive,

c'eſt un éclair, plus vif que les précédents, & qui annonce un coup, que nous n'entendrons pourtant qu'après quelques inſtants, parce que le bruit ou le ſon ne ſe tranſmet pas avec autant de promptitude que la lumiere.

Si vous me demandez pourquoi tant de feux n'échauffent point la nuée qui les porte, & par quelle raiſon la pluie qui en vient n'eſt pas chaude ? Je répondrai qu'apparemment cette pluie ſe refroidit en traverſant l'air pour parvenir juſqu'à terre. Mais ſi vous inſiſtez en obſervant que toutes les fois qu'il pleut, même pendant qu'il tonne, on apperçoit par le thermometre, que l'air devient plus froid, je conviendrai du fait, & j'avouerai que c'eſt une vraie difficulté qui mérite qu'on y réfléchiſſe : car de l'eau qu'on peut légitimement ſoupçonner d'avoir été fortement échauffée, ne doit pas naturellement rendre l'athmoſphere plus froide qu'elle n'eſt.

Enfin, faiſons tomber la foudre ; mais avant qu'elle s'élance hors de la nuée, voyons en gros les qualités qu'elle doit avoir pour opérer, je ne dis pas toutes ces merveilles, vraies

XIII. LEÇON.

ou fausses, dont on rempliroit des volumes, si l'on vouloit seulement en faire l'énumération, mais ces principaux effets que personne n'ignore, & qui sont comme la source de tous les autres.

Tout le monde sait, 1° que la foudre vient sur l'objet qu'elle frappe, avec une vîtesse presque égale à celle de l'éclair qui l'annonce. 2° Que sa direction n'est pas toujours celle d'un corps grave qui obéit librement à sa pesanteur, puisqu'elle agit latéralement, & même de bas en haut. 3° Qu'elle laisse des marques de percussion violente, comme pourroit faire une masse très-dure. 4° Qu'elle est capable d'embraser, de fondre, de calciner dans un instant tout ce qu'elle touche, ce que feroit à peine le feu le plus actif. 5° Qu'elle peut faire périr des animaux sans qu'on y apperçoive ensuite aucune cause de mort bien marquée. 6° Qu'elle laisse souvent après elle une fumée fort épaisse, & une odeur de soufre qui dure longtemps & qui s'étend au loin.

Quiconque entreprend d'expliquer la foudre, doit donc envisager tous ses effets, & ne proposer pour cause

que ce qui eſt capable de les produire ſelon les loix établies dans la Nature, & que nous lui voyons ſuivre dans le reſte de ſes opérations.

Pour rendre raiſon de la chûte précipitée de la foudre, de ſa force percuſſive, de l'embraſement qu'elle cauſe, &c. n'allons donc pas imaginer *des globes de matieres enflammées, qui enveloppent & qui compriment un noyau d'air, pour en faire un corps dur & ſi lourd, que la vîteſſe de ſa chûte puiſſe répondre à la grandeur de ſon poids.* (*a*) On nous renverroit, & avec raiſon, au Rudiment de la Phyſique, pour apprendre que l'air eſt de toutes les matieres que nous connoiſſons le moins propre à faire un corps d'un grand poids; que les matieres enflam-

(*a*) Je ne combats point ici des erreurs imaginaires: c'eſt en ſubſtance ce que j'ai lu dans un Ouvrage qui a paru il y a quelques années. L'Auteur eſt un homme de mérite que je n'ai point deſſein de mortifier par ma critique; mais ſa réputation, qu'il ſoutient très-bien dans les choſes qui ſont plus directement de ſon reſſort, pourroit en impoſer à des Lecteurs timides; & c'eſt uniquement pour prévenir ce mauvais effet que je prends la liberté de corriger ſes idées.

XIII. Leçon.

mées le raréfient ou le dilatent nécessairement, & ne le condensent pas ; qu'un tel corps, s'il avoit lieu, pesât-il vingt milliers, ne tomberoit gueres plus vîte qu'un grain de grêle, & enfin que quand il jouiroit de toute la vîtesse que peut lui donner la pesanteur, sans même avoir égard à la résistance d'aucun milieu, il mettroit quatre secondes de temps pour faire une chûte de deux cens quarante pieds, ce qui ne ressemble guere à la vîtesse de la foudre. Si nous épousons des conjectures, tâchons au moins qu'elles ne heurtent point de front les principes les plus connus & les plus certains.

Quelqu'opinion qu'on embrasse de toutes celles qui ont paru jusqu'ici touchant cette matiere (*a*), la fou-

(*a*) Il faut pourtant en excepter celle de M. Maffeï, qui prétend que la foudre ne vient point d'en-haut, mais de la terre : ce Savant est si ferme dans ce sentiment, il prétend avoir des preuves si fortes pour le soutenir, qu'il ne comprend pas même comment on peut en embrasser un autre ; on juge bien qu'il compte au nombre de ces arguments, les difficultés qu'on peut faire contre l'opinion commune que nous avons suivie, & qu'il en connoît, comme nous, & peut-être mieux que

dre eſt toujours une vapeur enflammée qui creve la nuée, tantôt par en-haut, tantôt par en-bas, ou de côté, qui s'élance avec une vîteſſe proportionnée à ſon exploſion, comme la poudre qui s'enflamme dans une bombe, porte ſon action aux environs quand elle a briſé le métal qui la retenoit; la foudre part donc à chaque coup de tonnerre qui eſt précédé d'un éclair, mais elle ne frappe les objets terreſtres que quand elle éclate dans une direction qui l'y conduiſe.

Qu'elle arrive avec une vîteſſe inexprimable, qu'elle enflamme, qu'elle fonde, qu'elle conſume ce qu'elle touche, c'eſt l'effet que l'on conçoit d'une violente exploſion, & d'un feu dont l'activité ſurpaſſe les idées communes. Quand il ne s'agit que d'étendre notre imagination pour atteindre à des conceptions dont les germes, pour ainſi dire, nous ſont déjà familiers, cela coûte beaucoup

nous, tous les endroits foibles. Sans adopter la prétention de M. Maffeï, je ſuis bien-aiſe cependant de faire remarquer qu'un habile homme prétend que la foudre n'eſt point une matiere enflammée qui tombe de la nuée,

XIII. LEÇON.

moins que de paſſer tout d'un coup à des idées neuves, à des idées qui ne ſont ſoutenues par aucun exemple. Je ſais qu'une fuſée, à laquelle on met le feu, s'élance dans l'air, & va crever à trois cens ou quatre cens pieds de diſtance; cette image, toute foible qu'elle eſt, m'aide à regarder, au moins comme poſſible, l'arrivée preſque ſubite d'un feu tout autrement préparé dans la partie moyenne de l'athmoſphere, & tout ce qu'il peut faire ici-bas, ſoit en qualité de feu, ſoit en qualité de vapeur pénétrante, embraſement de charpentes; fuſion de métaux, ſuffocation d'animaux, &c.

L'eſprit ne trouve pas de même de quoi s'appuyer quand il conſidere ces grands chocs, ces percuſſions qui paroiſſent n'avoir porté qu'en un ſeul endroit, & dont les marques reſſemblent bien mieux à celles qu'auroit pu laiſſer un boulet de canon, ou la chûte d'un rocher, qu'aux impreſſions toujours plus étendues d'un fluide qui auroit heurté avec la derniere violence; j'ai vu moi-même de ces coups de tonnerre tout récents dans de gros murs : rien ne reſſembloit mieux

mieux à l'enfoncement qu'auroit fait un corps très-dur lancé avec la plus grande force. J'ai vu des poutres brisées par le même accident, où l'endroit du choc étoit marqué par une place noircie, à peu près large comme la main.

Gardons-nous bien cependant, pour nous mettre l'esprit à l'aise sur ces phénomenes, de faire naître dans la nuée des corps durs & pesants, des masses solides qui répondent à l'idée que nous avons de la force percussive du tonnerre ; de ces *pierres de foudre*, par exemple, dont on prétend avoir encore les précieux restes en plusieurs endroits, & qui ne sont aux yeux des connoisseurs que des pyrites ou des pierres dont l'espece est connue : il faudroit que ces masses fussent bien autrement grandes qu'on ne nous les montre, avec toute la vîtesse qu'on leur suppose, pour faire en qualité de corps durs les effets que produit souvent un coup de tonnerre. Il faudroit encore qu'ils ne se formassent que dans l'instant même qu'ils commencent à tomber ; car comment se soutiendroient-ils dans un fluide qui ne

peut porter que des vapeurs ?

XIII. LEÇON.

Achevons d'expoſer l'opinion la plus vraiſemblable & la plus reçue, en ſuppoſant pour l'effet dont il s'agit, que la matiere de la foudre, toujours de la même nature que celle des éclairs, n'en differe en ce dernier cas que parce qu'elle a été chaſſée de la nuée avant que d'avoir fait ſon exploſion. Semblable à la bombe, qu'une charge de poudre chaſſe du mortier avant qu'elle creve, cette matiere, lorſqu'elle eſt arrivée à terre, éclate contre l'objet ſolide qu'elle rencontre ; elle l'enfonce, elle le rompt à l'endroit où elle le touche ; elle ne l'enflamme point ſi elle n'a pas eu le temps de le toucher aſſez, de s'y attacher avant que d'éclater, & de ſe diſſiper. On conçoit bien qu'un tel effet ne peut ſe paſſer ni ſans fumée, ni ſans odeur.

Après tout ce que je viens de dire touchant les météores enflammés, ne me reprochera-t-on pas d'avoir jetté plus d'incertitudes que d'inſtructions dans l'eſprit de mon Lecteur ? J'ai cependant compté l'inſtruire en lui montrant les endroits foibles du ſyſ-

têm que j'expoſois, afin que s'il n'en eſt pas plus content que je le ſuis, il ſuſpende ſon jugement comme je ſuſpends le mien, & qu'il ſe tienne toujours prêt à examiner ſans prévention tout ce qu'on pourra eſſayer de dire par la ſuite ſur le même ſujet.

Si quelqu'un, par exemple, entreprenoit de prouver par une comparaiſon bien ſuivie des phénomenes, que le tonnerre eſt entre les mains de la Nature ce que l'électricité eſt entre les nôtres ; que ces merveilles dont nous diſpoſons maintenant à notre gré, ſont de petites imitations de ces grands effets qui nous effraient, & que tout dépend du même méchaniſme : ſi l'on faiſoit voir qu'une nuée préparée par l'action des vents, par la chaleur, par le mêlange des exhalaiſons, &c. eſt vis-à-vis d'un objet terreſtre ce qu'eſt le corps électriſé, en préſence & à une certaine proximité de celui qui ne l'eſt pas, j'avoue que cette idée, ſi elle étoit bien ſoutenue, me plairoit beaucoup ; & pour la ſoutenir, combien de raiſons ſpécieuſes ne ſe préſentent pas à un homme qui eſt au fait de l'électricité ?

XIII. LEÇON.

L'univerſalité de la matiere électrique, la promptitude de ſon action, ſon inflammabilité & ſon activité à enflammer d'autres matieres ; la propriété qu'elle a de frapper les corps extérieurement & intérieurement juſques dans leurs moindres parties ; l'exemple ſingulier que nous avons de cet effet dans l'expérience de Leyde, l'idée qu'on peut légitimement s'en faire, en ſuppoſant un plus grand degré de vertu électrique, &c. tous ces points d'analogie, que je médite depuis quelque temps, commencent à me faire croire qu'on pourroit, en prenant l'électricité pour modele, ſe former, touchant le tonnerre & les éclairs, des idées plus ſaines & plus vraiſemblables que tout ce qu'on a imaginé juſqu'à préſent (*a*) : mais il eſt temps de finir cette digreſſion, & d'achever ce que nous avons à dire ſur les différentes manieres dont on peut exciter l'action du feu.

Il en eſt une que la nature pratique d'elle-même, & qui n'a beſoin du ſe-

(*a*) Depuis la premiere édition de ce volume ces conjectures ſont devenues preſque des certitudes. Voy. *les Lettres ſur l'Electricité*, &c. 1752.

cours de l'art que quand il s'agit de porter les effets jusqu'à l'embrasement. Le Soleil en éclairant la terre, entretient un certain degré de mouvement dans le feu qui appartient à cette planete ; tous les corps terrestres dont les plus petits vuides sont occupés par cet élément, se ressentent plus ou moins de son action, suivant que leur nature les en rend plus ou moins susceptibles, ou que l'astre qui l'excite, les regarde plus ou moins directement : & tout est mesuré de maniere que, comme l'influence du soleil n'est jamais sans effet, aussi la chaleur qui en résulte se contient-elle toujours dans des bornes qui sont beaucoup au-dessous de ce que nous appellons embrasement.

Mais ces mêmes rayons qui n'excitent qu'un degré dè chaleur assez limité, quand on les reçoit dans l'ordre qu'ils ont naturellement entr'eux, en venant immédiatement du Soleil, échauffent considérablement, brûlent, enflamment & consument les corps sur lesquels on les multiplie, ce qui peut se faire par plusieurs moyens dont je vais donner quelques exemples, en commençant par le plus simple.

XIII. LEÇON.

VIII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

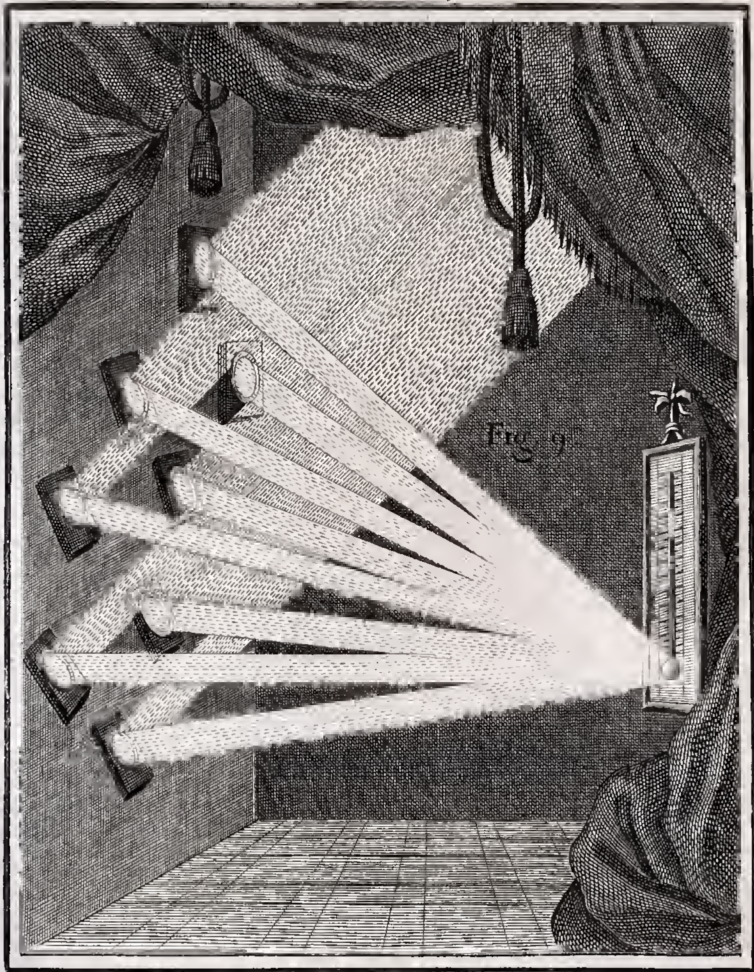
Que huit ou dix perſonnes reçoivent en même temps les rayons du Soleil ſur des miroirs plans de trois ou quatre pouces de diametre, & que chacune d'elles ait ſoin de faire réfléchir ces rayons ſur la boule d'un thermometre placé d'une maniere convenable à une diſtance de douze ou quinze pieds. *Voyez la fig.* 9.

EFFETS.

En peu de temps on verra la liqueur du thermometre monter beaucoup au-deſſus de l'endroit où elle étoit avant que de recevoir toutes les images co-incidentes du Soleil.

EXPLICATIONS.

Je ne veux conſidérer ici que l'effet de pluſieurs images du ſoleil réunies, appliquées en même temps ſur le même objet, renvoyant à la quinzieme Leçon tout ce que j'ai à dire touchant l'eſpece de mouvement qu'on doit attribuer aux rayons ſolaires, tou-


Fig. 9.

chant la cauſe & les loix de leur réflexion, &c.

Chacun des miroirs plans de notre expérience, reçoit un certain nombre de rayons, dont une partie demeure ſans action, (au moins pour l'effet dont il s'agit) à cauſe des imperfections inévitables de la ſurface réfléchiſſante ; le reſte eſt renvoyé dans un eſpace un peu plus grand que le miroir, pour des raiſons que je dirai ailleurs ; ainſi le nombre des rayons étant diminué d'une part, & leur action affoiblie, puiſqu'elle eſt étendue ſur une plus grande place, il arrive que le thermometre, s'il n'étoit expoſé qu'à une ſeule de ces images réfléchies du ſoleil, recevroit moins de chaleur que s'il étoit expoſé, comme le miroir, aux rayons directs. Mais ce déchet ou cet affoibliſſement de l'image du Soleil réfléchie, n'eſt point auſſi conſidérable qu'on pourroit le croire : on voit par les expériences de M. du Fay, que la dixieme partie des rayons ſolaires renvoyés par un miroir plan d'un pied en quarré, à la diſtance de cent toiſes, avoient encore la force de brûler, quand on les

XIII. LEÇON.

rassembloit dans un très-petit espace ; de la maniere dont nous ferons mention ci-après.

Huit ou dix images du Soleil, semblables à celles dont je viens de parler, étant donc réunies sur un même espace, quoique chacune d'elles soit un peu affoiblie, toutes ensemble produisent un assez grand degré de chaleur ; & l'on conçoit bien, qu'en multipliant ainsi ces images, sur le même sujet, on pourroit l'échauffer, jusqu'à le brûler ou le fondre : car il n'en est pas de ces rayons multipliés & réunis, comme de plusieurs qui auroient chacun un certain degré de chaleur. Une pinte d'eau chaude, multipliée huit ou dix fois dans le même vase, ne fera pas monter le thermometre au-delà de ce qu'une seule pourroit faire ; ou si l'on veut que l'égalité des volumes, dans l'exemple que je veux donner, réponde mieux à l'unité d'espace qui reçoit les rayons, quatorze livres de mercure ne communiquent pas plus de chaleur à un petit corps, qu'une livre d'eau chauffée au même degré ; au lieu que chaque rayon solaire est doué d'une puis-

ſance dont l'intenſité croît, par cela même qu'elle eſt unie avec d'autres puiſſances ſemblables.

IX. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La figure 10 repréſente un miroir rond & concave, de métal, qui a environ deux pieds de largeur, & dont la concavité fait partie d'une ſphere de cinq pieds de diametre. On oppoſe ce miroir au Soleil, de façon que ſon axe *A B* faſſe un angle fort aigu avec les rayons incidents de cet Aſtre.

EFFETS.

On apperçoit un cône de lumiere très-vive, dont la baſe eſt appuyée ſur la ſurface du miroir, & ſi l'on préſente au ſommet *C* de ce cône, quelque éclat de bois, ou quelqu'autre corps combuſtible, le feu y prend dans le moment même, ce qu'on apperçoit par la fumée épaiſſe & par la flamme qui en ſort. Une lame de plomb, ou d'argent, qu'on tient avec une pince longue, pendant quelques inſtants, au même endroit, s'y fond & tombe

XIII. LEÇON.

par gouttes; les pierres s'y calcinent; & les matieres qui peuvent ſe convertir en verre, s'y vitrifient. Mais pour ce dernier effet, comme il faut tenir la matiere en fuſion pendant quelque temps, il faut qu'elle ſoit poſée dans un petit creux fait dans un charbon que l'on tient au foyer *C*.

EXPLICATIONS.

PUISQUE les Géometres conſiderent le cercle comme un polygone d'une infinité de côtés, & que les ſurfaces tiennent tout ce qu'elles ſont de la nature des lignes qui les compoſent, nous pouvons regarder la ſurface réfléchiſſante de notre miroir, comme un aſſemblage d'un très-grand nombre de petits miroirs plans, inſenſiblement inclinés les uns aux autres, ſelon la courbure d'une ſphere, & ſuppoſer, juſqu'à ce que nous le prouvions ailleurs comme il convient, que chacun d'eux recevant l'image du Soleil ou un petit bouquet de rayons lumineux venants de cet Aſtre, ſe trouve juſtement tourné de maniere à le réfléchir au point *C*, ou fort près aux environs. On voit par-là comment

toutes ces images sont rassemblées dans un petit espace ; & comme on a fait voir par l'expérience précédente, que plusieurs images du Soleil co-incidentes au même endroit, y augmentent la chaleur, à proportion de leur nombre, on conçoit aisément que toutes les facettes qu'on peut imaginer dans un miroir concave, qui a deux pieds de diametre, peuvent former, par les rayons qu'elles réfléchissent, un foyer assez ardent pour produire les effets dont j'ai fait mention.

Ce qu'on ne peut assez admirer, c'est la grande activité de ce feu élémentaire, qui dans un instant prend toute sa force, & qui la perd de même; dans ce même foyer où le métal couloit, il n'y reste aucune marque de chaleur extraordinaire, dès qu'un simple voile vient à cacher le miroir.

X. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

RECEVEZ les rayons du Soleil sur un de ces verres, avec lesquels on voit les objets plus gros qu'avec la vue sim-

XIII. LEÇON.

ple, & qu'on nomme vulgairement *loupes* ou *lentilles*, parce qu'ils ſont terminés par deux ſurfaces convexes, dont chacune eſt une portion de ſphere. *Fig.* 11.

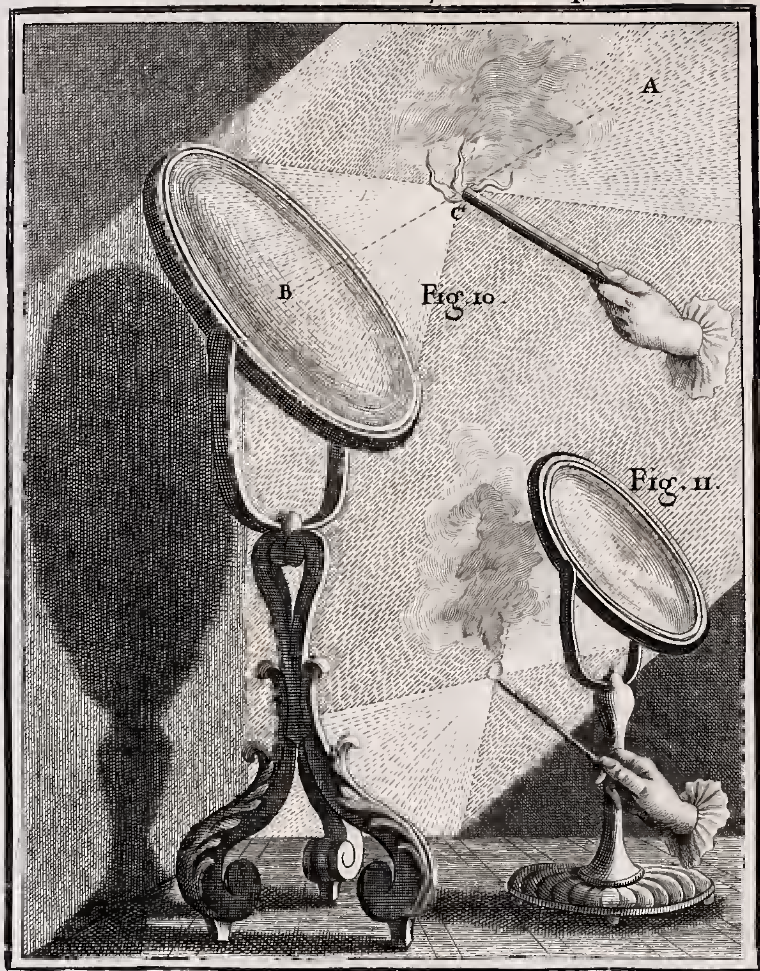
EFFETS.

A quelques pouces au-delà de ce verre, s'il eſt un peu large & fort épais du milieu, vous appercevrez le ſommet d'un cône de lumiere, dont la baſe ſera appuyée ſur la ſurface poſtérieure du verre, comme celui de l'expérience précédente avoit la ſienne poſée ſur la ſurface antérieure du miroir.

Au ſommet de ce cône, ſi vous expoſez quelque matiere combuſtible, comme de l'amadou, du drap, un morceau de feutre, vous le verrez fumer & prendre feu dans l'inſtant.

EXPLICATIONS.

JE me diſpenſe encore ici de faire connoître par quelle raiſon une lentille de verre raſſemble les rayons ſolaires ou leur action dans un petit eſpace, renvoyant cette théorie à la Leçon qui comprendra les principes de


A
C
B
Fig. 10.
Fig. 11.

la Dioptrique. Je me contente à préſent de conſidérer ces rayons réunis, par un moyen différent de ceux que j'ai employés précédemment, & d'en tirer cette conſéquence que, de quelque maniere que cela ſe faſſe, ce feu, pour ainſi dire, concentré, devient d'autant plus actif qu'il eſt raſſemblé en plus grande quantité dans un petit eſpace ; & que ſon action ſe tranſmettant aux parties de ſon eſpece, aux parties ignées qui ſont cachées & comme aſſoupies dans les pores d'une matiere, les excite juſqu'au point d'y faire naître, non-ſeulement de la chaleur, mais même un véritable embraſement.

Qu'on ne croie pas cependant que cet effet vienne de quelque propriété appartenante à la matiere du verre, tout dépend de la tranſparence & de la figure ; & cela eſt ſi vrai, qu'une maſſe d'eau bien nette, que l'on fait geler dans un vaſe qui a la forme d'une demi-lentille, & que l'on expoſe un moment aux rayons du Soleil, après l'avoir détachée de ſon moule, occaſionne, comme le verre de notre expérience, un foyer où l'on voit brû-

ler le linge, le bois, &c. Je fais voir la même chose, & en tout temps, dans mes Leçons publiques, avec une masse d'eau contenue dans une sorte de vaisseau de verre qui a la forme d'une grande lentille.

Ce n'est pas non-plus de la matiere du miroir que dépend essentiellement le foyer brûlant dont nous avons vu les effets, c'est encore de la figure & du poli de la surface : rien ne le prouve mieux que de mettre le feu, comme on le peut faire, aux corps combustibles, avec des miroirs de plâtre ou de carton doré. Il s'est trouvé même des gens assez oisifs & assez patients pour en faire avec des lames de paille choisie, arrangées & proprement collées sur une surface sphérique concave, & avec cette paille ainsi disposée, on mettoit le feu à d'autre paille.

APPLICATIONS.

Il passe pour certain dans l'esprit de bien des gens qu'Archimede mit le feu à la flotte des Romains, lorsqu'ils étoient devant Syracuse pour en faire le siege. Et plusieurs Historiens qui font mention de cet événement, di-

ſent que cela ſe fit par le moyen de certains miroirs qui, placés ſur les remparts de la Ville, réuniſſoient les rayons du Soleil en quelque endroit d'un vaiſſeau des Aſſiégeants ; les Phyſiciens moins occupés de la vérité du fait (encore douteux par bien des raiſons (*a*),) que de ſa poſſibilité, ſe ſont partagés de ſentiments, parce qu'ils ont pris des idées différentes de la conſtruction des miroirs, & de la diſtance à laquelle ils ont dû agir.

L'effet dont il eſt queſtion, devient d'une difficulté qui le peut faire regarder comme impoſſible, ſi l'on ſuppoſe un miroir d'une ſeule ſurface, dont le foyer ſoit à un éloignement de ſix ou ſept cens pieds, tel que pourroit bien être celui d'une flotte qui aſſiege une ville ; car alors il faudroit que le miroir fût d'une grandeur à laquelle l'art ne peut atteindre moralement parlant ; & en voici la raiſon.

Souvenons-nous de ce qui a été dit

(*a*) Conſultez ſur ce ſujet une diſſertation de M. Bulfinger, qui a pour titre *de Speculo Archimedis* ; & le Mémoire de M. de Buffon, lu à la rentrée publique de l'Académie après Pâques 1747. *Mém. de l'Acad. des Sc. pour l'année* 1747.

XIII. LEÇON.

plus haut d'après M. du Fay, que tous les rayons du Soleil qui ſont réfléchis par un miroir plan, d'un pied en quarré, s'étendent & s'écartent tellement après la réflexion, qu'à ſix cens pieds delà ils occupent un eſpace environ dix fois auſſi grand que le miroir. D'où il ſuit que dans un pied quarré de cette place illuminée par la lumiere réfléchie, il n'y a que la dixieme partie des rayons qui ſont partis du miroir. Un thermometre y ſeroit donc dix fois moins échauffé qu'il ne ſeroit s'il étoit plongé dans ces mêmes rayons, à une petite diſtance du miroir, comme de ſept ou huit pieds, où l'image du Soleil réfléchie n'eſt point encore conſidérablement agrandie.

Maintenant, conſidérons le miroir concave d'une ſeule ſurface, dont le foyer ſeroit à ſix cens pieds, comme diviſé en pluſieurs portions quarrées, ſemblables au miroir plan dont je viens de parler, (*a*) il faudroit qu'il en

(*a*) Cette comparaiſon ne doit pas être priſe à la rigueur, puiſque chaque portion quarrée du miroir concave, ſeroit elle-même un petit

en comprît dix pour rassembler à six cens pieds sur un espace d'un pied en quarré, autant des rayons qu'il en vient du Soleil sur un seul de ses quarrés, & par conséquent il seroit nécessaire de multiplier beaucoup le nombre des quarrés, ou (ce qui est la même chose) d'augmenter la grandeur du miroir plus qu'on ne peut espérer de le pouvoir faire, pour lui procurer un foyer brûlant à la distance dont il s'agit.

On pourroit donc regarder le fait d'Archimede, non-seulement comme apocryphe, mais même comme impossible, si l'on avoit d'assez fortes raisons pour croire que la flotte des Romains ne s'approcha point des murs de Syracuse plus près que six cens pieds, & que ce grand Méchanicien n'eût en sa disposition qu'un miroir d'une seule piece.

Mais rien n'oblige absolument à croire ni l'un ni l'autre; il paroît même par le témoignage de quelques Au-

petit miroir un peu concave; mais comme cette concavité seroit peu sensible, nous la comptons pour rien dans une explication qui ne doit servir qu'à faire entendre ce que nous avons présentement en vue.

teurs (*a*), que la flotte Romaine s'avança vers la ville jufqu'à la portée d'un trait qui fe lançoit avec la main : ce qui nous donne l'idée d'une diftance bien au-deffous de fix cens pieds, & l'on peut légitimement fuppofer que l'ingénieux Archimede, dans une ville riche & accommodée de tout point, s'eft aidé de plufieurs miroirs, s'il n'a pu avec un feul remplir tout fon deffein.

Au refte, en ne confidérant que la poffibilité du fait, nous pouvons affurer maintenant, fur la foi de la théorie & de l'expérience, qu'avec des miroirs dont l'exécution n'eft pas trop difficile, on peut faire un foyer brûlant qui atteigne plus loin que le javelot qu'on lançoit avec la main. Pour éviter les frais d'un grand miroir de métal, dont la matiere & les façons ne peuvent jamais être que d'un prix affez confidérable, plufieurs Phyficiens de ces derniers temps ont pris le parti d'en compofer avec des morceaux de miroirs plans, attachés dans une efpece de chaffis, & arrangés de

(*a*) *Voyez le Mémoire de M. de Buffon, cité plus haut.*

maniere qu'étant exposés au Soleil, ils réfléchissoient tous vers le même endroit. M. de Buffon qui a beaucoup enchéri sur cette premiere ébauche, en a fait construire un derniérement, dont les effets ont agréablement surpris tous les curieux qui en ont été témoins. Ce miroir actuellement brûle du bois à deux cens pieds, fond de l'étain à cent cinquante pieds, & du plomb à cent quarante (a), & son inventeur compte qu'il lui fera faire la même chose, à une distance encore plus grande.

Je dis son inventeur, car quoique M. de Buffon ne soit pas le premier qui ait fait des miroirs ardents de plusieurs pieces, le sien est tellement supérieur aux autres par la grandeur de ses effets, & par l'ordonnance de sa construction, qu'il mérite de passer pour l'Auteur de cette belle machine,

(a) M. de Buffon s'est aidé pour la construction de ce miroir, de M. Passement, dont les talents sont très-connus, sur-tout pour ce qui regarde les instruments de Dioptrique & de Catoptrique, & en particulier pour les télescopes de réflexion, dont il a donné un Traité il y a quelques années.

XIII. LEÇON

comme Boyle passe pour être celui de la pompe pneumatique dans l'esprit de bien des gens, qui n'ignorent peut-être pas qu'il a été précédé en cela par Otto Guerik.

Une des perfections qu'on admire, avec raison, dans le miroir dont je parle, c'est que son foyer peut se porter à différentes distances, chacune des petites glaces dont il est composé étant mobile, & pouvant se fixer aisément à différents degrés d'inclinaison, de sorte qu'avec les mêmes pieces on peut faire un miroir plus ou moins concave.

Puisque les rayons du Soleil, réfléchis même par des miroirs plans, ne perdent pas le pouvoir qu'ils ont d'échauffer les corps sur lesquels on les fait tomber, on doit s'attendre de voir augmenter la chaleur dans tous les endroits exposés à de pareilles réflexions; & pour cet effet il n'est pas besoin qu'il y ait de ces corps polis, que nous appellons communément *miroirs*. Presque toutes les surfaces réfléchissent la lumiere, sinon visiblement, du moins d'une maniere imperceptible, qui se fait sentir avec le

temps. Ainſi une muraille, ſur-tout ſi elle eſt blanche & unie, une chaîne de rochers, une montagne, & généralement tout corps ſolide oppoſé au Soleil, eſt capable d'en renvoyer les rayons, & de cauſer des augmentations de chaleur particulieres à certains endroits, & qui ne tirent point à conſéquence pour la température générale de l'athmoſphere.

Les perſonnes qui tiennent un état des variations du froid & du chaud de chaque ſaiſon, en conſultant tous les jours le thermometre à certaines heures, doivent donc examiner avec attention ſi le lieu où l'inſtrument eſt placé, ne reçoit pas de rayons du Soleil réfléchis par quelqu'édifice ou autrement; car comme cette cauſe accidentelle eſt variable, à cauſe des différentes hauteurs du Soleil, & par bien d'autres raiſons, les obſervations ſur leſquelles elle influeroit, ne manqueroient pas de ſe reſſentir de ces irrégularités.

Quand les rayons réfléchis ſe mêlent à ceux qui viennent directement du Soleil, il en réſulte une augmentation de chaleur bien plus ſenſible en-

core, & plus efficace. C'eſt pour cette raiſon ſans doute que les fruits qui viennent en eſpaliers, & que les légumes qu'on plante ou qu'on ſeme à l'abri d'une muraille expoſée au midi, ſont ordinairement plus hâtifs, & meuriſſent mieux que les autres; il y en a tels qui ſans ce moyen ne parviendroient jamais à maturité dans certains climats.

Le voyageur trouve la chaleur en Eté moins ſupportable dans les lieux creux, ou dans les vallées, que ſur les hauteurs; c'eſt que la maſſe de l'air qui y eſt échauffée comme par-tout ailleurs, par les rayons directs du Soleil, l'eſt encore par une infinité de réflexions, dont les effets ſont d'autant plus forts que les côteaux ſont plus arides, plus remplis de rochers découverts, & oppoſés de plus près les uns aux autres.

Si le verre de la onzieme Expérience étoit beaucoup plus large, il recevroit & réuniroit à ſon foyer un plus grand nombre de rayons ſolaires; & puiſque une lentille de quelques pouces de diametre, en raſſemble déjà aſſez pour brûler, quels effets ne de-

vroit-on pas attendre d'un corps diaphane, qui avec cette figure lenticulaire, auroit un diametre de trois ou quatre pieds? La chymie qui doit à l'action du feu presque tout ce qu'elle nous offre de curieux & d'utile, auroit lieu d'attendre de grands secours, & d'heureuses découvertes, si, à l'aide d'un pareil instrument, elle pouvoit substituer, en certaines occasions, le feu pur du Soleil à celui de ses fourneaux, dont elle a, pour ainsi dire, épuisé le pouvoir.

Tels étoient les regrets & les désirs des Chymistes, lorsque M. Tschirnaussen, plus à portée que personne de les entendre, (car il étoit Allemand) produisit ces fameux verres ardents, dont les principaux effets sont décrits dans l'Histoire de l'Académie des Sciences 1699, p. 90 & suiv. M. le Duc d'Orléans, Régent, plein de zele pour le progrès des Sciences & des Arts, en acheta un dont il fit faire plusieurs épreuves en sa présence, & qui servit depuis en différents temps à MM. Homberg, Geofroy, &c. pour faire plusieurs expériences curieuses, dont on trouve les résultats dans les Mé-

moires de l'Académie. * Ce verre eſt

XIII. LEÇON. actuellement à Bercy, dans le cabinet de M. le Comte d'Ons-en-Brai ; il eſt convexe des deux côtés, & eſt portion de deux ſpheres, dont chacune auroit douze pieds de rayon : il peſe 160 livres ; & pour donner une idée de l'activité de ſon foyer, il ſuffira de dire ici que l'or y fume, & ſe diſperſe en pluſieurs petites gouttes imperceptibles, qui ſautent de tous côtés.

* 1702, p. 141, 1705, p. 39, 1707, p. 40, 1709, p. 162, 1711, p. 16.

Quoique ces ſortes de miroirs tranſparents aient aſſez bien répondu à l'idée avantageuſe qu'on s'en étoit faite d'avance, & que par leur moyen on puiſſe obtenir des effets qu'on ne peut pas ſe promettre avec un feu moins pur, avec notre feu commun, on peut les regarder cependant comme une reſſource ſur laquelle il n'y a guere à compter pour des particuliers, tant à cauſe de la dépenſe qu'ils exigent, que par les difficultés qu'on trouve à les mettre en uſage ; à peine trouve-t-on dans toute une année huit ou dix jours propres à ces ſortes d'opérations, encore n'eſt-ce point dans l'Eté qu'il les faut choiſir : car (ce qu'on n'auroit jamais voulu croire,

croire, si l'expérience ne l'avoit fait voir,) les grandes chaleurs nuisent considérablement à ces effets ; de plus, on a toutes les peines imaginables à tenir au foyer les matieres qu'on voudroit y travailler : & enfin l'embarras de manier une pareille machine, ajoute beaucoup à la délicatesse des manipulations, qui exige souvent une industrie peu commune de la part de l'Artiste.

Le frottement ou les coups redoublés, la fermentation & l'effervescence, la réunion des rayons solaires, voilà donc les principaux moyens par lesquels nous voyons commencer l'embrasement ou l'inflammation des matieres combustibles. Nous allons voir dans la Leçon qui suit, comment ce feu, une fois excité, exerce son action sur les autres corps, à quoi l'on peut réduire ses principaux effets, & de quelle maniere on peut les entretenir, les augmenter, les modérer & les faire cesser.





XIV. LEÇON.

Suite des propriétés du Feu.

III. SECTION.

Des Effets du Feu.

XIV. Leçon. TOUS les effets du feu, quoiqu'ils nous paroiſſent extrêmement variés & multipliés, peuvent ſe rapporter à ces deux chefs, 1° *Luire* ou *éclairer*; 2° *Raréfier les corps*, c'eſt-à-dire, étendre dans un plus grand eſpace les parties qui les compoſent, en diminuer ou en faire ceſſer l'union & la cohérence. De ces deux effets principaux je ne veux développer ici que le dernier, l'autre appartenant à la lumiere, dont je dois traiter dans le cinquieme volume. Je me propoſe donc de ſuivre l'action du feu ſur différentes matieres, de faire remarquer les divers changements qui ont coutume d'en réſulter, ſelon la nature du corps

qui s'échauffe ou qui s'embrase.

Ces deux causes combinées, je veux dire le degré de chaleur & le choix de la matiere que l'on chauffe, nous font voir dans les effets du feu, des variétés si considérables, qu'un esprit peu circonspect pourroit croire que la nature opere les contraires par la même voie. On amollit certains corps au même feu qui en durcit d'autres; dans le même fourneau l'on voit couler telles & telles matieres, où d'autres qui étoient molles se durcissent. Ce qui devient liquide par un certain degré de chaleur, s'épaissit jusqu'à être un corps dur quand on le chauffe davantage. Un métal se purifie au feu, tandis qu'un autre s'y altere, &c.

Ces changements si différents entre eux, commencent tous, ou sont précédés par un premier effet qui est commun à tous les degrés de chaleur, & à toutes les especes de matieres sur lesquelles on fait agir le feu. Avant tout autre changement, le corps chauffé se dilate, sa masse se raréfie, son volume augmente, & cela est si général, que le pouvoir de pénétrer & de raréfier tout, peut être regardé com-

XIV. LEÇON.

me le caractere distinctif du feu ; nous voyons bien des matieres qui en pénetrent d'autres, & qui les dilatent, mais je ne connois que le feu qui s'insinue sans exception dans tous les corps, qui rende leur matiere plus rare, & qui désunisse nécessairement leurs parties. Etablissons ceci sur des expériences bien décisives, & pour faire voir combien cette vérité a d'étendue, chauffons des liquides & des solides, & parmi ceux-ci choisissons par préférence les corps les plus compacts, les plus durs, & ceux dont les parties ont le plus de roideur; le verre, par exemple, & les métaux, afin que le Lecteur voyant la dilatation bien prouvée dans les especes qui semblent les moins dilatables, soit comme forcé de la conclure *à fortiori* pour toutes les autres.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

A, *Fig.* 1, est un vaisseau de verre formé d'une boule creuse de la grosseur d'une orange, ou à peu près, & d'un tube long de douze ou quinze

pouces, dont le diametre intérieur n'a guere qu'une ligne : ce vaisseau est rempli d'eau colorée jusques en *a*, où l'on met une marque avec un fil noué ou autrement, mais toujours de maniere qu'on puisse la changer de place. Si l'on tient d'une main cet instrument, qui ressemble assez à un gros thermometre, & qu'on en plonge la boule pendant quelques instants, dans un vase rempli d'eau prête à bouillir, on apperçoit ce qui suit.

EFFETS.

Pendant l'immersion de la boule, on voit la liqueur du tube descendre précipitamment de huit ou dix lignes, & quelquefois davantage au-dessous de la marque qui est en *a*, & remonter ensuite un peu plus haut que cet endroit, dès qu'on a ôté la boule de l'eau chaude.

Si l'on remet la marque où la liqueur a cessé de monter, & qu'on replonge la boule, on apperçoit encore le même effet, & ainsi plusieurs fois de suite.

Mais les dernieres immersions font moins descendre la liqueur que les

XIV. LEÇON.

premieres, & cette liqueur, en remontant, excede la marque d'autant plus que la boule a été plongée un plus grand nombre de fois, ou que ſes immerſions ont été d'une plus longue durée.

EXPLICATIONS.

Quand un corps chaud en touche un autre qui l'eſt moins, il lui communique de ſa chaleur, ſuivant de certaines proportions dont j'aurai occaſion de parler dans la ſuite ; c'eſt-à-dire, que le feu ou ſon action paſſe de l'un à l'autre, & continueroit d'y paſſer, s'il y avoit aſſez de temps, juſqu'à ce que les deux corps unis, l'un en ſe refroidiſſant, l'autre en s'échauffant, euſſent acquis une température commune & nouvelle pour tous les deux.

Ainſi le feu qui eſt dans l'eau du vaſe *B*, pénétrant l'épaiſſeur de la boule de verre qu'on y plonge, en écarte les parties, & augmente par cet effet ſa capacité : la boule devenue plus grande reçoit une portion de la liqueur qui eſt dans le tube, ce qui ne peut manquer de cauſer un vuide au-deſſous de la marque *a*.

Mais auſſi-tôt que cette boule eſt ſortie de l'eau chaude, elle eſt bientôt refroidie, tant par l'air qui la touche extérieurement , que par l'eau qu'elle contient, & qui n'a pas eu le temps de s'échauffer comme elle. Ses parties ſe rapprochent donc, elle reprend à peu près ſa premiere capacité , & ne pouvant plus contenir la portion de liqueur qui étoit deſcendue du tube, elle doit l'obliger à remonter vers *a*.

La liqueur y remonte en effet, & même un peu plus haut, non-pas que la boule ſoit devenue plus petite qu'elle n'étoit avant ſon immerſion , mais parce que l'eau qu'elle contient a reçu un peu de chaleur du verre, & que cette eau étant elle-même ſuſceptible de dilatation , comme je le prouverai, ſon volume en eſt un peu augmenté.

Cette aſcenſion de la liqueur dans le tube , au-deſſus de la marque , donne un nouveau degré de force à la preuve que je tire de la dépreſſion qui a précédé ; car puiſque la chaleur, bien loin de diminuer le volume de l'eau qui eſt dans la boule, (ſi quel-

XIV. LEÇON.

qu'un vouloit le croire) eſt capable au contraire de le dilater & de l'étendre, il n'eſt pas poſſible d'attribuer à une autre cauſe qu'à l'agrandiſſement du verre, cet abaiſſement de la liqueur qu'on apperçoit d'abord dans le tube.

Après que le verre eſt refroidi, s'il eſt replongé une ſeconde ou une troiſieme fois dans l'eau chaude, il s'y dilate de nouveau, & l'on voit recommencer tout ce qui dépend de cette dilatation ; nouvel agrandiſſement de la boule, nouvel abaiſſement de la liqueur dans le tube.

Mais comme les immerſions multipliées donnent lieu à la chaleur de ſe communiquer aſſez ſenſiblement à l'eau colorée de la boule, cette liqueur raréfiée elle-même, augmente un peu de volume, & ne laiſſe pas, dans le verre qui s'agrandit, autant de vuide qu'elle en laiſſeroit, ſi elle reſtoit froide ; d'où il arrive que la boule ſe remplit d'autant moins aux dépens de la liqueur qui eſt dans le tube : la même choſe arrive, & par les mêmes raiſons, ſi la boule, au lieu d'être plongée un grand nombre

de fois de suite, l'est seulement une fois ou deux pendant un certain espace de temps.

APPLICATIONS.

Lorsque je plonge dans l'eau chaude l'instrument dont je viens de parler, la plupart des personnes qui me voient faire cette expérience, s'imaginent toujours que la boule va être brisée par l'action subite du feu qu'elle éprouve : elle le seroit en effet, si le verre n'étoit pas fort mince, ou si la chaleur ne l'attaquoit que par un endroit seulement; car les parties ignées qui font effort pour le pénétrer, dilatant fortement sa surface extérieure, avant que celle du dedans puisse être étendue proportionnellement, ne manqueroient pas d'occasionner une solution de continuité. C'est ce qu'on voit arriver tous les jours aux carafes ou autres vaisseaux de verre épais, qu'on expose brusquement à un grand feu, ou aux gobelets & aux pots de crystal ou de faïance, qu'on emplit sans précaution d'une liqueur très-chaude.

Mais si tous ces vaisseaux sont bien

XIV. LEÇON.

minces, & que le degré de chaleur auquel on les expoſe, ſe partage également, & en même-temps à toute leur ſurface, il arrive rarement qu'ils ſe caſſent, parce que toutes les parties ſe prêtent comme de concert à l'action du feu, & qu'en s'écartant un peu les unes des autres, pour donner paſſage à cet élément, elles conſervent entr'elles le même ordre qu'elles ont coutume d'avoir.

Ce n'eſt pas qu'on ne puiſſe bien auſſi donner un grand degré de chaleur à un vaſe de verre épais ſans le caſſer; ces mêmes carafes qu'on voit ſe fendre au feu, quand on les en approche ſans précaution, on peut les y tenir, lorſqu'elles ſont mieux ménagées, juſqu'à faire bouillir l'eau qu'elles contiennent: il ne s'agit que de les chauffer par degrés, & lentement, afin que la matiere du feu les puiſſe pénétrer peu à peu, & en dilater les pores ſans interrompre entiérement l'union des parties. C'eſt ainſi qu'on préſerve de fracture le gobelet ou la taſſe qu'on veut remplir d'une liqueur bouillante, en l'échaudant d'abord par la vapeur, ou par quel-

ques gouttes de cette liqueur qu'on y fait couler & qu'on remue.

Au reste, si ces vaisseaux fragiles dans lesquels on peut impunément faire bouillir de l'eau avec la précaution dont je viens de parler, ne sont pas toujours pleins, on court grand risque de les voir se fendre quand on viendra à les remuer ; & en voici la raison. La partie vuide s'échauffe beaucoup plus que celle qui est pleine ; si l'eau en balançant vient à la toucher, cette eau fût-elle bouillante, elle refroidira promptement l'endroit du verre qui en sera mouillé, & alors la surface intérieure, dont les parties se condensent & se rapprochent, n'étant plus étendue d'une maniere proportionnée aux autres couches, qui forment l'épaisseur du verre, il arrivera entr'elles quelque désordre qui se manifestera par une ou plusieurs fêlures.

Un émailleur peu expérimenté qui chauffe un tube de verre fort épais au feu de sa lampe, est tout étonné de le voir se briser avec éclat dès qu'il a reçu un certain degré de chaleur ; il doit s'en prende à l'une des

XIV. LEÇON. deux causes dont je viens de parler ; où il a chauffé brusquement un verre épais qu'il devoit ménager davantage, ou ce verre creux contenoit un air humide qui n'a point permis à la surface intérieure de recevoir une chaleur égale à celle qu'on lui donnoit par dehors. Il suffit d'apprendre à cet Artiste qu'un tuyau de verre qui est humide par dedans, soit pour avoir été mouillé, soit pour avoir seulement servi de canal pendant un certain temps à l'air de l'athmosphere, ne se seche que très-difficilement ; car d'ailleurs il n'ignore pas que la plus petite goutte d'eau fait casser le verre ou l'émail qui est chaud : sa pince, légérement humectée de salive, lui sert tous les jours à couper, ou à détacher les pieces qu'il vient de travailler.

C'est peut-être delà qu'est venue cette maniere de couper le verre avec le feu & l'eau, que des gens oisifs & adroits savent si bien ménager, qu'ils viennent à bout de faire d'un verre à boire une espece de ruban tourné en forme d'hélice, dont les circonvolutions se séparent & se re-

joignent à l'aide du reſſort de la matiere : *voyez la Fig.* 2. Ces découpures ſe font par le moyen d'une meche ſoufrée, qui ne chauffe le verre que dans une ligne, dans un eſpace fort étroit, que l'on refroidit auſſi-tôt avec une plume ou un petit bâton mouillé ; & même quand la premiere fêlure paroît, ceux qui ont un peu d'habitude la conduiſent preſque toujours où ils veulent avec un fer chaud, ou avec un petit charbon allumé. Pour moi quand j'ai de gros tuyaux ou des cols de ballons à couper, je commence par entamer le verre avec l'angle ou le tranchant d'une lime, enſuite avec un morceau de fer anguleux que je fais rougir, & que j'y applique, je réuſſis aſſez bien à faire fendre la piece, ſuivant la ligne que j'ai tracée.

La vaiſſelle de faïance, ou celle de terre verniſſée, ſe fend auſſi au grand feu, quand on l'y expoſe précipitamment, non-pas tant par elle-même, peut-être, que par la couche d'émail, ou de matiere vitrifiée, dont elle eſt couverte & colorée ; car ſi cet enduit eſt d'une certaine épaiſſeur, l'action du feu trop violent le fait fen-

dre, & les parties en se quittant peuvent déterminer celles de la terre cuite, auxquelles elles sont unies, à se séparer de même. Ce qui me feroit penser ainsi, c'est que la faïance qu'on fait pour aller au feu, est émaillée plus légérement que d'autre, & qu'elle n'est bien à l'épreuve d'une grande chaleur, que quand son enduit est entr'ouvert par une infinité de petites fêlures, qui donnent lieu aux parties ignées de se partager & de pénétrer la terre par un plus grand nombre d'endroits. Je sais bien aussi que la terre même en est préparée autrement que celle de la faïance commune, qu'elle est plus légere, plus poreuse, & mieux maniée : ce que je remarque à l'égard de l'émail qui la recouvre, je ne prétends le citer que comme une cause seconde ou subalterne de la qualité qu'elle a de résister au feu.

De toutes les matieres fragiles dont on fait des vaisseaux, il n'en est pas qui soutiennent mieux l'action subite du feu que la porcelaine; rien ne le prouve mieux que l'usage des tasses dans lesquelles nous voyons tous les jours verser du thé, ou du café pres-

que bouillant. Si la porcelaine étoit aussi commune que le verre, il seroit très-commode de pouvoir la lui préférer dans bien des occasions, sur-tout dans les laboratoires de Chymie, où les matieres que l'on traite sont souvent de nature à ne pouvoir pas être mises dans du métal, & quelquefois encore moins propres à être chauffées dans de la terre cuite, trop poreuse ou incapable de soutenir un grand degré de feu. Un Artiste intelligent, qui sentira ce besoin, pourra se procurer des vaisseaux de porcelaine, sans qu'il lui en coûte presqu'autre chose que le verre même dont il appréhende de se servir. En profitant d'une découverte que nous devons à M. de Reaumur *, il n'aura qu'à remplir de plâtre passé au tamis le vaisseau qu'il aura dessein de convertir en porcelaine, & le porter au four d'un potier en terre, il l'en retirera tel qu'il le désire, c'est-à-dire, tout semblable à la vraie porcelaine, à demi-transparent comme elle, capable d'être chauffé brusquement & de soutenir un très-grand feu sans se casser. (*a*)

* *Mém. de l'Ac. des Sc.* 1739, *p.* 370.

(*a*) Si quelqu'un veut faire usage de ce

XIV. LEÇON.

A l'égard du changement de capacité qui arrive aux vaisseaux que l'on chauffe, soit extérieurement, soit intérieurement, il faut remarquer que la dilatation de la matiere, qui en est la cause, pourroit se faire de façon qu'elle eût un effet tout contraire à celui de notre expérience. Si la boule que j'ai plongée, par exemple, au lieu d'être réguliérement ronde, avoit des enfoncements semblables à celui qu'on fait communément au cul des bouteilles à vin; ces parties enfoncées, en se dilatant, porteroient leur augmentation de volume contre la liqueur contenue dans le vaisseau, & ne manqueroient pas de la faire monter vers l'orifice, à moins que l'agrandissement des autres parties qui se fait en sens contraire, ne rendît cet effet

que j'indique ici, il convient qu'il consulte le Mémoire même de M. de Reaumur, pour se mettre au fait de certaines pratiques dont le détail ne peut être placé ici. Il y en a deux sur-tout qu'il ne faut pas négliger; la premiere est le choix du verre: le plus commun, celui qui est brun ou jaunâtre, réussit mieux que le plus blanc: la seconde est de mêler du sablon avec le plâtre, à peu près à quantités égales pour le raréfier.

effet insensible, ou par excès, ou par compensation.

On sera pleinement convaincu de la justesse de cette remarque, si l'on remplit d'eau une bouteille mince, qui ait le cul bien renfoncé, & dont on ait prolongé le col avec un petit tuyau recourbé & mastiqué avec de la cire molle, ou autrement, *Fig.* 3; car si l'on verse de l'eau presque bouillante en *C*, on verra la liqueur monter dans le tube avec autant de promptitude qu'on l'a vue descendre, lorsque j'ai plongé dans l'eau chaude, la boule de l'instrument représenté par la *Fig.* 1; & si l'on s'imaginoit que cet effet vient de ce que l'eau de la bouteille s'est raréfiée par le degré de chaleur qu'elle a pu recevoir, il suffira de renverser l'eau qui est en *C*, pour voir que ce soupçon porte à faux: car dans l'instant même, on verra la liqueur descendre dans le tube, à peu près à l'endroit d'où elle étoit partie pour s'élever: un effet aussi prompt ne peut légitimement s'attribuer au refroidissement de l'eau qui est dans la bouteille.

XIV. LEÇON.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La *Fig.* 4 repréſente un inſtrument qui ſe nomme *pyrometre*, parce qu'on s'en ſert pour meſurer en quelque façon l'action du feu. Il eſt composé, premiérement d'une lampe à l'eſprit-de-vin *D d*, garnie de pluſieurs petites meches de coton, ſemblables entr'elles pour la groſſeur & pour la longueur. Secondement, de pluſieurs leviers renfermés dans une boîte cylindrique de verre *E F*, & qui ſe correſpondent de maniere que recevant le mouvement de la piece *G*, ils le tranſmettent par le moyen d'une portion de roue dentée ou *rateau*, & par un pignon, à une aiguille *H h*, qui parcourt horizontalement un cercle diviſé en deux cens parties égales. Les bras de ces mêmes leviers & le rayon du rateau, avec le pignon qu'il mene, ſont tellement proportionnés, que la piece *G*, avançant d'un quart de ligne, fait faire à l'aiguille un tour entier ; & comme la circonférence du cercle qu'elle parcourt a deux cens

degrés, dont chacun eſt aſſez grand pour être diviſé en deux par le coup d'œil d'un Obſervateur un peu attentif, il eſt évident que la piece *G* ne peut s'avancer de la ſeize centieme partie d'une ligne qu'on ne s'en apperçoive par le mouvement de l'aiguille.

Un tiroir pratiqué dans le pied de cet inſtrument, contient des cylindres de différents métaux, tous égaux en longueur, & dont on a rendu la groſſeur égale en les faiſant paſſer par la même filiere (*a*): chacun eſt terminé d'un côté par une vis qui s'ajuſte à la piece *G*, tandis que l'autre bout eſt arrêté & ſoutenu par le pilier *I*, comme on le peut voir par la *Fig.* 4.

On place ainſi ſucceſſivement le cylindre de fer, & celui de cuivre jaune; on allume toutes les meches à la fois (*b*), & l'on compte par le moyen d'une montre, ou d'une pendule à ſe-

(*a*) Les cylindres dont je me ſers ont tous exactement la même longueur, qui eſt d'environ ſix pouces; & le même diametre qui eſt de trois lignes.

(*b*) Avec un petit morceau de papier allumé, qu'on paſſe très-rapidement, toutes les

XIV. LEÇON. condes, combien l'aiguille parcourt de degrés dans un temps donné.

EFFETS.

Dans l'inſtant même que la flamme des meches commence à agir ſur le métal, on voit l'aiguille ſe mettre en mouvement, & parcourir les degrés avec une telle vîteſſe que dans l'eſpace d'une demi-minute on en compte environ 580, ſi l'on fait l'expérience avec le cylindre de fer, & 960, ſi c'eſt avec celui de cuivre jaune, ce qui eſt à peu près dans le rapport de 3 à 5. (*a*)

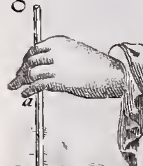
Si l'on éteint les meches de la lam-

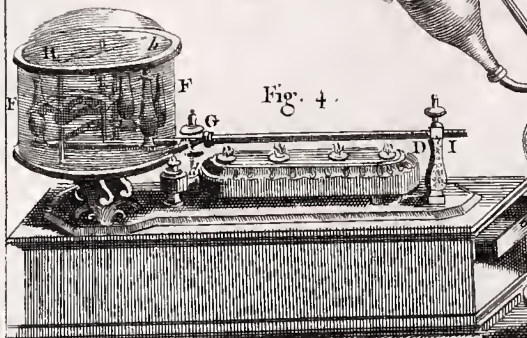
meches déjà humectées d'eſprit-de-vin s'allument en moins d'une ſeconde.

(*a*) Je m'exprime ici en nombre rond, & je ne prétends point fixer avec préciſion les dilatations reſpectives des métaux; cela dépend d'une ſuite très-nombreuſe d'expériences délicates, qui ne peuvent entrer dans un Ouvrage élémentaire, tel que celui-ci. Le Lecteur curieux de s'inſtruire ſur ce ſujet d'une maniere plus étendue & plus approfondie, pourra conſulter les Commentaires de M. Muſchenbroek ſur les Expériences de l'Académie *del Cimento*, *Tome* 2, *pag.* 12, *& ſeq.* Il y trouvera un long & curieux détail d'épreuves faites avec le *pyrometre*, dont ce Savant eſt le premier Auteur.

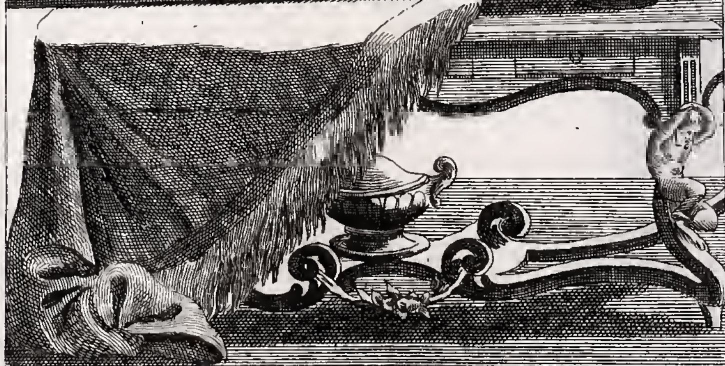

Fig. 2.


Fig. 3
C


Fig. 1.
a


Fig. 4.
H
b
F
F
G
D
I


A
B



pe, auſſi-tôt on voit rétrograder l'aiguille, & parcourir en ſens contraire tout le chemin qu'elle avoit fait précédemment : cette rétrogradation ſe fait d'abord avec aſſez de vîteſſe, mais enſuite elle ſe ralentit & devient ſi peu ſenſible ſur la fin, qu'elle ne s'acheve qu'au bout d'un temps aſſez conſidérable, & plus ou moins long, ſuivant la température du lieu où ſe fait l'expérience.

EXPLICATIONS.

Les métaux, même les plus compacts & les plus durs, ſont poreux ; leur porosité eſt telle que certaines liqueurs les pénetrent & les diſſolvent. Le feu qui coule des meches allumées eſt un fluide plus ſubtil & plus pénétrant que toutes les liqueurs que l'on connoiſſe : il s'inſinue donc dans les cylindres de fer & de cuivre de notre expérience, & met en action les parties de feu qui ſont logées naturellement entre les parties propres du métal ; & par ces deux cauſes, je veux dire, par l'introduction d'un feu étranger, & par l'expanſion de celui qui appartient au métal, les cylindres

dont il eſt queſtion doivent ſe dilater & s'étendre dans toutes leurs dimenſions.

Mais comme il y a plus de parties dilatées ſur la longueur que ſur le diametre , l'allongement doit ſe faire mieux ſentir que l'augmentation de groſſeur , c'eſt pourquoi l'on attache d'une maniere fixe le cylindre par une de ſes extrêmités en *D*, afin que toute la quantité dont il s'allonge ſe porte contre la piece *G* , à laquelle il eſt joint par l'autre bout ; ainſi les deux mouvements en avant & en arriere de la piece *G*, ſont des effets néceſſaires, & des preuves inconteſtables de l'allongement du cylindre chauffé , & du raccourciſſement qu'il ſouffre en ſe refroidiſſant.

Si tous les métaux ne ſe dilatent pas également au même degré de feu, & dans le même eſpace de temps ; il en faut chercher la cauſe dans leurs différentes denſités, dans la liaiſon & la tenacité plus ou moins grande de leurs parties, dans la doſe plus ou moins forte des parties inflammables que la Nature a mêlées avec leurs autres principes, dans la différente diſtribution

de leurs pores, &c. toutes recherches extrêmement délicates & compliquées, que l'on n'a pas encore beaucoup approfondies. XIV. Leçon.

Dès que les meches de la lampe ſont éteintes, le feu qui eſt entré dans le métal s'évapore au-dehors, & l'action de celui qui reſte n'étant plus entretenue, ſe ralentit peu-à-peu, ce qui donne lieu aux parties du métal de ſe rapprocher, & au cylindre qui ſe refroidit, de reprendre ſa premiere grandeur.

Cela ſe fait d'abord aſſez promptement, parce que le métal encore dilaté, laiſſe échapper plus librement les parties ſurabondantes de feu dont il eſt pénétré, & que l'air environnant, conſidérablement moins chaud que lui, les reçoit & les abſorbe, pour ainſi dire, avec avidité; & enſuite, parce que ces raiſons ne ſubſiſtent plus, les derniers degrés de refroidiſſement & de condenſation, ne s'achevent qu'avec beaucoup de lenteur.

APPLICATIONS.

Ce que nous voyons ſe faire ici par le feu d'une lampe appliqué à des pe-

XIV. LEÇON.

tits cylindres de fer & de cuivre, arrive de même, proportion gardée, à tous les métaux qui s'échauffent, de quelque maniere que ce soit. La lame d'une scie qui n'a point assez de *voie* (a) s'épaissit dans les corps durs par la chaleur que lui donne le frottement, & fatigue beaucoup la personne qui s'en sert. Il en est de même des forets, des villebrequins & autres outils, qui s'échauffent en travaillant, & qui se trouvent engagés dans des matieres qui ont peine à céder à l'augmentation de leur volume, ou qui se gonflent aussi par la même cause.

Tout métal exposé à l'ardeur du Soleil, doit donc s'étendre ; & nous avons une preuve bien sensible de cet effet à la machine de Marly, où le mouvement des pompes qui sont établies sur la montagne, vient de la riviere, & se communique par des barres de fer assemblées à fourchettes, & soutenues

(a) On donne de la *voie* à une scie, en écartant un peu les dents de part & d'autre, du plan de la lame ; ou bien on prépare cette lame de façon qu'elle soit plus épaisse du côté de la denture que dans le reste de sa largeur.

ſoutenues d'eſpace en eſpace par des leviers qui ſont mobiles ſur une de leurs extrêmités ; toutes ces barres, depuis le plus grand froid de l'Hiver juſqu'au plus grand chaud de l'Eté, varient tellement de longueur, qu'on a été obligé de faire pluſieurs trous à l'endroit de leur jonction, pour être en état d'allonger, ou d'accourcir la chaîne qu'elles forment par leur aſſemblage, en faiſant entrer plus ou moins le bout d'une barre dans la fourchette de l'autre, où elle s'arrête avec une cheville. Quand une barre de fer de ſix pieds ne s'allongeroit que de deux tiers de ligne du grand froid au grand chaud, ſur cent toiſes, ce ſeroit plus de ſix pouces d'allongement, * & en voilà aſſez pour faire ſentir combien le jeu des piſtons ſeroit dérangé, ſi cette longue chaîne qui leur communique le mouvement, ſouffroit, ſans correction, les changements que les différentes températures y peuvent cauſer.

XIV. LEÇON.

* *Hiſt. de l'Ac. des Sc. 1689. p. 61.*

Les horloges de clocher, & généralement toutes les machines, qui ne ſont point, ou qui ne ſont qu'imparfaitement à couvert de la grande ardeur du

Soleil, doivent néceſſairement s'en reſſentir, par rapport à la liberté de leurs mouvements ; les tiges s'allongent & font porter les épaulements ; les pivots groſſiſſent & ſont plus ſerrés dans leurs trous ; les diametres des roues croiſſent & les dents prennent plus d'engrenage. Il eſt vrai que le bâti ou la cage qui renferme & qui ſoutient toutes ces pieces, s'agrandit auſſi dans toutes ſes dimenſions ; mais s'il peut en naître quelques compenſations qui conſervent les rapports entre certaines parties, il eſt poſſible auſſi que ces effets aillent à contre-ſens pour d'autres qui en ſont conſidérablement dérangées. Qui ſait même ſi la chaleur du gouſſet n'eſt pas capable de changer quelque choſe à la marche d'une bonne montre, par le ſeul changement qu'elle eſt capable de cauſer aux dimenſions des pieces dont la juſteſſe eſt ſi préciſe,

Ce que je dis par forme de ſoupçon à l'égard d'une montre, je le puis aſſurer très-poſitivement pour les pendules ou horloges, dont la marche eſt réglée par les oſcillations d'un corps grave, ſuſpendu par une verge de mé-

tal. En parlant de cette eſpece de mouvement, & de l'application qui en a été faite par M. Huyghens, * j'ai remarqué qu'après avoir trouvé le moyen de rendre la durée des oſcillations uniforme & conſtante par la nature de la courbe qu'elles décrivent, on avoit encore à craindre que cet iſochroniſme ne fût troublé par les changements que le chaud & le froid pourroient cauſer à la longueur de la verge du pendule. En effet cette verge étant de métal, & par conſéquent ſuſceptible de condenſation & de dilatation, comme l'expérience précédente le fait voir, on peut s'attendre que dans les temps ou dans les lieux chauds elle s'allongera, & qu'au contraire elle diminuera de longueur, lorſqu'elle viendra à ſe refroidir. (*a*)

* *Tome* II, *page* 207 & *ſuiv.*

On a penſé qu'on pourroit remédier à cet inconvénient, en oppoſant à elle-même la cauſe phyſique d'où il procede; c'eſt-à-dire, en faiſant enſorte que la même chaleur qui fait allonger la verge du pendule, fît auſſi

(*a*) Il faut voir à l'endroit cité ci-deſſus comment la longueur du pendule influe ſur la durée de ſes oſcillations.

XIV. LEÇON.

remonter d'autant le centre du corps grave, ou defcendre fur la même verge le point fixe autour duquel fe font les ofcillations.

M. Graham (*a*) me paroît être le premier à qui cette idée fe foit offerte, & qui ait commencé à la mettre en exécution. Au lieu d'attacher au bout de la verge une boule ou une lentille folide, comme on a coutume de faire, il y mit pour corps grave une boîte ou vafe cylindrique qu'il remplit prefqu'entiérement de mercure: & voici quel étoit fon raifonnement. * » Si d'une faifon à l'autre, dit-il, la température varie affez pour faire changer fenfiblement la longueur de la verge du pendule, la même caufe ne peut manquer d'augmenter ou de diminuer la hauteur du cylindre de mercure, en le dilatant ou en le condenfant; elle fera donc monter ou defcendre le centre d'ofcillation qui eft néceffairement dans cette maffe fluide. « En fuppofant, par exemple, que la verge allongée par la chaleur, faffe reculer le point *B* du point *A*,

* *Tranf. Philofophiques*, 1726, *No.* 392. *art.* 4.

(*a*) Fameux Horloger de Londres, & Membre de la Société Royale.

Fig. 5, d'un quart de ligne, si le mercure échauffé au même degré, se dilate de maniere que le point *B*, centre de gravité, ou plutôt d'oscillation, remonte précisément d'un quart de ligne, ces deux effets entretiendront toujours la même distance entre *A*, centre de mouvement, & *B*, centre d'oscillation, ce qui suffit pour conserver l'isochronisme du mouvement. Il ne s'agit dont plus que de mettre en proportion convenable ces deux effets qui vont en sens contraire, & cela dépend de la hauteur qu'on donnera au cylindre de mercure : car plus il sera long, plus son centre de gravité, ou tout autre point pris dans sa masse, fera de chemin, soit en montant, s'il y a raréfaction, soit en descendant, s'il y a condensation.

Depuis cette invention proposée par M. Graham, d'autres personnes ont imaginé & mis en pratique des moyens encore plus commodes pour arriver aux mêmes fins que cet habile & savant Artiste avoit en vue ; je veux dire, pour faire ensorte que ce qui fait changer la longueur de la verge du pendule, fît en même temps &

XIV. LEÇON.

proportionnellement varier en ſens contraire la hauteur du corps grave, dans lequel ſe trouve le centre d'oſcillation. En 1738, M. Julien le Roi, à Paris, & M. Ellicot, à Londres, profitant du réſultat de notre expérience, par laquelle on ſavoit déjà que le fer & le cuivre jaune échauffés au même degré, ſe dilatent dans des proportions qui ſont entr'elles, à peu près comme trois à cinq, employerent fort ingénieuſement, quoique par différents procédés, l'excès de l'allongement du laiton, pour remédier à celui du fer, dont on fait communément (*a*) la verge du pendule.

Le premier termine la verge de ſon pendule qui eſt de fer, par un petit chaſſis *A B*, *Fig.* 6, compoſé par en-haut & par en-bas, de deux traverſes de cuivre inflexibles, & pour les montants, de deux lames de reſſort, très-minces; ces deux lames entrent, & n'ont que le jeu qu'il leur faut pour monter & deſcendre, en gliſſant dans une piece fendue *C D*, qui eſt bien ſo-

(*a*) Si on ne le fait pas, on doit le faire, plutôt que d'employer de l'acier, qui ſe dilate davantage.

lide, & fixée au corps de l'horloge. Le tout eſt ſuſpendu par une verge de fer *ef*, attachée à la partie ſupérieure d'un tuyau de laiton, qui eſt repréſenté ouvert en parties, & qui repoſe ſur la piece *C D*.

Lorſque la chaleur dilate les deux verges de fer *fe*, *bg*, qu'on doit conſidérer comme n'en faiſant qu'une, parce qu'elles ſont jointes par le chaſſis *A B*, elle tend à faire deſcendre la lentille, & à l'éloigner de la piece *C D*, où eſt le centre du mouvement, ce qui rendroit le pendule plus long qu'il n'eſt ; mais cette même chaleur agit ſur le tuyau de cuivre, au bout duquel eſt le point de ſuſpenſion ; & comme ſon allongement ſe fait de bas en haut, il tend à faire remonter la lentille ; ſi la longueur de ce tuyau eſt à celle qui eſt compriſe entre *fg*, comme la dilatation du fer eſt à celle du cuivre, c'eſt-à-dire, dans le rapport de trois à cinq, ſon allongement de bas en haut, doit égaler celui des deux verges de fer qui ſe fait de haut en bas, & par cette compenſation la diſtance eſt toujours la même entre le centre d'oſcillation *g* & celui du mouvement *D*.

XIV. LEÇON.

M. Ellicot fait la verge de son pendule d'une piece de fer plate & ouverte en forme de fourchette depuis la moitié ou les deux tiers de sa longueur jusqu'en bas, *Fig.* 7. Il remplit le vuide que forme cette fourchette, par une lame de laiton *i k*, qui, lorsqu'elle vient à s'allonger par la chaleur, doit excéder de $\frac{2}{5}$ l'allongement que la même chaleur fait prendre aux deux parties de la fourchette entre lesquelles elle est placée. Il emploie cet excès pour faire mouvoir deux petits leviers *l m*, *l n*, qui ont leur centre de mouvement en *o* & en *p*, & par ce moyen les deux bras *m*, *n*, soulevent deux chevilles ou deux vis *q*, *r*, par lesquelles ils portent le corps grave, qui est ici une boule représentée par sa coupe diamétrale; ainsi le centre d'oscillation tend à remonter par la même cause qui feroit allonger la verge; & comme les vis *q*, *r*, peuvent avancer plus ou moins sur les bras des leviers *m*, *n*, on peut proportionner à son gré ces deux effets entr'eux.

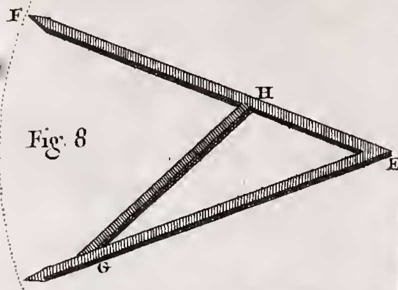
Si j'écrivois un traité d'Horlogerie, je ne manquerois pas de faire connoître dans un plus grand détail, ce que

plusieurs Artistes, & même ce que des Savants ont encore imaginé pour remédier à l'allongement du fer par celui du cuivre, dans la vue de rendre constante la longueur du pendule; j'examinerois même le fort & le foible de ces inventions, & je prendrois la liberté d'en dire mon sentiment; mais on ne doit trouver ici que ce qui a un rapport direct & prochain avec l'expérience que j'ai employée, pour prouver que le chaud & le froid font varier sensiblement le volume d'une piece de métal: & afin qu'on ne croie pas que ces derniers exemples, que je viens de citer, sont des inventions plus curieuses qu'utiles, je remarquerai d'après nos meilleurs Astronomes, qu'avec le nouveau pendule (c'est-à-dire, celui dont la longueur est constante) il est assez commun qu'une horloge d'observations ne varie que de deux secondes du plus grand froid au plus grand chaud; au lieu qu'il est rare de trouver moins de 20 secondes de différence, avec un pareil instrument, réglé par un pendule ordinaire.

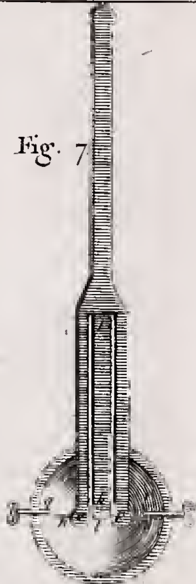
Si la mesure du temps perd de son exactitude par l'allongement ou le rac-

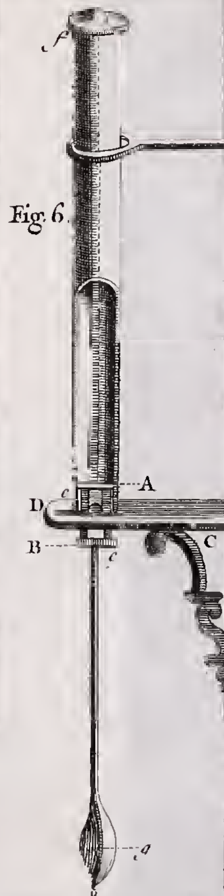
XIV. LEÇON.

courciſſement du pendule, celle de l'étendue pourroit bien auſſi ſe reſſentir des variations cauſées par le froid & par le chaud, au pied, à la toiſe, à l'aune, & autres inſtruments dont on ſe ſert pour la connoître. Heureuſement que les erreurs qui peuvent naître de cette cauſe, ne tirent guere à conſéquence, pour ce qui concerne le commerce ordinaire; mais il eſt bon d'en être averti pour certaines occaſions où l'on a beſoin d'une grande exactitude. Si quelqu'un, par exemple, vouloit comparer la toiſe ou l'aune d'un pays à celle d'un autre, le choix du métal, & la température du lieu où ſe feroit cette comparaiſon, ſeroient des circonſtances qu'on ne devroit pas négliger. Une regle de cuivre avec laquelle on meſureroit ſeulement une demi-lieue de terrein en longueur, pourroit tellement varier par le chaud & par le froid, que quand ce terrein ſeroit auſſi uni qu'un canal glacé, l'Arpenteur le plus exact y trouveroit une différence de 6 à 7 pieds de l'Hiver à l'Eté, ce qui ne ſeroit pas auſſi conſidérable, ſi au lieu d'une regle de cuivre, il en employoit une de fer ou de bois.


F
H
Fig. 8
E
G


A
Fig. 5.
B


Fig. 7


f
Fig. 6.
c
A
D
B
c
C
a

Tous les métaux n'étant pas capables de ſe dilater ni de ſe condenſer également, par les mêmes degrés de chaud & de froid, on ne doit les employer qu'avec beaucoup de circonſpection en conſtruiſant les machines ou les inſtruments dans leſquels il eſt important que les dimenſions ne changent point de rapport; ſi l'on vouloit, par exemple, qu'un angle formé par deux verges de fer *EF*, *EG*, *Fig.* 8, demeurât conſtamment le même dans toutes ſortes de températures, il faudroit bien ſe garder de les joindre par une troiſieme piece *GH*, qui fût de cuivre; car comme ce dernier métal s'allonge par la chaleur beaucoup plus que l'autre, lorſqu'il viendroit à s'échauffer, il ne manqueroit pas de faire changer notablement l'ouverture de l'angle dont il s'agit. Il eſt aiſé de faire l'application de ceci aux inſtruments de mathématiques & d'aſtronomie, dont toute la juſteſſe dépend du rapport invariable des dimenſions, & dans la plupart deſquels cependant on emploie enſemble le fer & le cuivre, pour les faire paſſer enſuite de l'atelier où ils ont été conſtruits, dans des

XIV. LEÇON.

lieux découverts, où ils éprouvent la gelée & l'ardeur du Soleil. Si l'on n'a point égard à ce qui en peut arriver, on court risque de voir les angles changer de grandeur, les surfaces planes & les lignes droites devenir courbes, &c.

Une corde de clavessin qui s'allonge par la chaleur, devient nécessairement moins tendue qu'elle n'étoit, si les points fixes auxquels elle tient, ne s'éloignent pas l'un de l'autre, par proportion à cet allongement. Nous avons vu dans la onzieme Leçon, * qu'une corde sonore, toutes choses égales d'ailleurs, est d'un ton plus ou moins aigu, selon le degré de tension qu'elle a ; ainsi comme celles d'un clavessin, partie de fer, partie de cuivre, s'allongent différemment entr'elles dans le même degré de chaleur, & toutes davantage que le bois dont le corps de l'instrument est construit, & sur lequel sont attachées les chevilles, & chevalets, on voit par quelles raisons les accords se dérangent, quand la température du lieu varie d'une certaine quantité. Qui sait même si une oreille fine & bien expérimentée ne sen-

* *Tom. 3, pag. 462, & seq.*

tiroit point quelque changement dans le ton d'une cloche, ou de tout autre corps ſonore, que l'on eſſaieroit froid & chaud, & dont on feroit la comparaiſon avec un autre, à l'uniſſon duquel on l'auroit mis précédemment.

J'ai dit ci-deſſus que le bois chauffé & refroidi n'eſt pas auſſi ſuſceptible de changement ſur la longueur de ſes fibres, que le métal; c'eſt un fait conſtant par l'expérience, & ſur la foi duquel pluſieurs Horlogers ont fait de bois la verge du pendule, au lieu d'avoir recours aux moyens dont j'ai fait mention. Si le ſuccès n'a pas été aſſez complet pour rendre ſes variations nulles, elles ont été moindres que celles du pendule ordinaire, ce qui ſuffit pour juſtifier ma remarque.

Mais quoique le bois, & quantité d'autres matieres ſe raccourciſſent & s'allongent moins que le métal, par le froid & par le chaud, il paroît en général, & par un grand nombre d'épreuves faites en différents temps & par diverſes perſonnes, que tous les corps ſolides, le marbre, la pierre, la terre cuite, le verre, le métal, le bois & l'écorce des végétaux, les os, le cuir,

XIV. LEÇON. & la corne des animaux, &c. ſe dilatent par l'action du feu, & ſe condenſent en ſe refroidiſſant : & comme tous les ouvrages de l'art ne ſont que des aſſemblages & des modifications de ces différentes matieres, qui ſont tantôt plus, tantôt moins expoſées à la chaleur, ſuivant les ſaiſons de l'année, les heures du jour, ou les uſages que nous en faiſons, on peut dire que rien ne demeure conſtamment dans le même état, & que tout ce que nous voyons, bijoux, inſtruments, meubles, édifices, devient alternativement plus grand, & plus petit.

On objectera peut-être contre cette propriété que j'attribue au feu de dilater généralement tous les corps & d'en étendre le volume, l'exemple des pierres que l'on calcine, des bois que l'on fait ſécher au four, ou aux rayons du Soleil, & de pluſieurs autres matieres dont l'action du feu diminue ſenſiblement la grandeur.

Mais j'ai déjà prévenu cette difficulté, en faiſant remarquer * que dans tous les cas dont il s'agit, il y a une évaporation, une diſſipation de ſubſtance, qui donne lieu aux parties de ce qui

* 13. Leçon, p. 174.

reste de se rapprocher sous un moindre volume, quoique ces mêmes parties soient véritablement tuméfiées ; c'est ce dont on peut aisément se convaincre, en pesant devant & après, tous les corps dont on voudroit nous citer l'exemple. Un morceau de chaux vive pese moins que la pierre dont elle est faite ; il en est de même des ouvrages de bois qui ont passé au four ou à l'étuve, des viandes ou des fruits que l'on a fait cuire, des pâtes & des compositions qu'on a fait épaissir par un certain degré de chaleur.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

L'instrument représenté par *A B*, *Fig.* 9, est composé d'un verre de thermometre, dont la boule a près d'un pouce, & le tube une demi-ligne de diametre, dans toute sa longueur, qui est d'un pied ; une portion d'environ 9 pouces de ce tube tient à une petite planche fort légere, sur laquelle est tracée une échelle, dont chaque degré exprime la millieme partie de toute la liqueur contenue au-dessous de la

XIV. LEÇON.

planche, lorſque cette liqueur a reçu le degré de froid de la glace.

On emplit la boule & un peu plus que le quart du tuyau, de pluſieurs liqueurs ſucceſſivement; premiérement de mercure, d'eſprit-de-vin enſuite, d'eau pure, & enfin d'huile de lin. On plonge la boule dans un vaſe *G*, plein de glace pilée bien menue, & on l'y laiſſe juſqu'à ce que la liqueur ait reçu tout le froid qu'elle y peut prendre, ce qu'on reconnoît aiſément, parce qu'alors elle ceſſe de deſcendre dans le tube. Enſuite avec un chalumeau capillaire *D*, que l'on fait entrer dans le tube, on ôte, en ſuçant avec la bouche, ce qu'il y a de liqueur au-deſſus de la ligne *ef*, ou bien on en met juſqu'à cette marque, s'il n'y en a point aſſez.

La liqueur étant bien fixée à cet endroit, on ôte l'inſtrument de la glace, & l'on tient la boule plongée dans un autre vaſe *C* rempli d'eau bouillante, juſqu'à ce que la liqueur ceſſe de monter: on obſerve à quelle hauteur elle s'arrête, & combien de temps elle a mis pour recevoir ce degré de chaleur. (*a*)

EFFETS.

(*a*) Quoique j'aie réſolu de renvoyer à un

EFFETS.

Le mercure transporté de la glace dans l'eau bouillante, s'éleve dans le

un autre Ouvrage qui suivra de près celui-ci, tout ce qui concerne la construction des instruments, & la préparation des matieres qui servent aux expériences que j'emploie dans mes Leçons; je ne puis m'empêcher d'indiquer ici un moyen dont on pourra s'aider pour avoir un verre de thermometre, mesuré & gradué de la maniere que le requiert notre expérience, avec quelques autres instructions, sans lesquelles on auroit peine à la répéter.

Choisissez un tube de verre d'une longueur & d'un diametre convenable, & pour voir si sa capacité est bien égale par-tout, faites-y entrer un peu de mercure, qui en occupe environ un pouce, que vous mesurerez avec une carte ou autrement; faites avancer ce petit cylindre de mercure d'un bout à l'autre du tuyau; s'il est par-tout de la même longueur, vous serez sûr que ce tuyau est du même diametre intérieurement dans toute son étendue, & vous y ferez souffler une boule par un Emailleur; le même ouvrier vous fera des chalumeaux capillaires & renflés par le milieu, en amolissant au feu de sa lampe un petit morceau de tube de verre, qu'il allongera de part & d'autre en tuyaux capillaires.

Pour avoir une échelle qui exprime les milliemes parties de la liqueur contenue dans la boule & dans le quart du tube, il faut d'abord peser le verre, & tenir compte de son poids, ensuite le remplir entiérement de mer-

tube jusqu'au quatorzieme degré, ce qui signifie que son volume est aug-

XIV. LEÇON.

cure avec le chalumeau, & le faire bien chauffer, même jusqu'à bouillir, afin que toutes les petites particules d'air se dégagent & sortent du vaisseau; cela se fera plus aisément, si l'on ne remplit d'abord que la boule.

Tout le verre étant bien plein & refroidi au degré de l'air de la chambre, on le pesera exactement pour avoir le poids du mercure, en soustrayant celui du verre, dont on a précédemment reconnu la valeur.

Cela étant fait, on ôtera du tuyau une quantité de mercure qui soit la onzieme partie de la totalité, & si la capacité de ce tuyau est en proportion convenable avec celle de la boule, les trois quarts, ou à peu près, de sa longueur fournissent cette quatrieme partie, qu'il faut ôter & reconnoître exactement par la balance.

Si ce qui est contenu dans les $\frac{3}{4}$ du tube, ou environ, ne suffit pas pour faire la quantité qu'on demande; c'est une marque que la boule est trop grosse, & il faudra en faire souffler une plus petite au bout du même tuyau; ou, pour s'en épargner la peine, il est plus convenable de calibrer d'abord plusieurs tuyaux & d'y faire souffler des boules un peu moins grosses les unes que les autres.

Si l'on a donc ôté du tuyau la onzieme partie de tout ce qui étoit contenu dans le verre, on n'aura plus qu'à y joindre une échelle de cent parties égales, qui mesure toute la portion du tube qui est restée vuide, & alors chaque degré de l'échelle répondra à une partie

menté de $\frac{14}{1000}$, & cette dilatation s'acheve en 15 secondes, ou dans un quart de minute. XIV. LEÇON.

L'eau commune, à pareille épreuve,

du tube, capable de recevoir la 100e partie de ce qui reste au-dessous: & ce sera la même chose pour toutes les liqueurs qu'on voudra mettre dans ce même vaisseau.

Mais comme les degrés de l'échelle sont des milliemes de capacité, ou de volume, & qu'une liqueur tient moins de place quand elle est refroidie que quand elle est chaude, il faut avoir soin que la boule, & la partie du tuyau comprise entr'elle & l'échelle, soient bien pleines, avant qu'on retire l'instrument de la glace, pour le plonger dans l'eau bouillante.

Quand on plonge la boule de cet instrument dans l'eau bouillante, il est bon de l'essayer par deux ou trois immersions subites, avant que de l'y laisser à demeure, de peur qu'une action trop brusque du feu ne fasse casser le verre.

Pour bien juger du temps qu'une liqueur met à monter à son plus haut degré, il est à propos d'avoir reconnu ce degré par une premiere épreuve, sans cela il se passera plusieurs secondes avant qu'on puisse juger si l'effet est complet.

Enfin, si l'on se sert du même vaisseau pour différentes liqueurs, il ne faut pas commencer par celles qui sont grasses, & l'on doit avoir attention qu'il ne reste point de bulle d'air, dont la raréfaction ne manqueroit pas de jetter beaucoup d'erreur dans les résultats.

se dilate de $\frac{37}{1000}$ ou un peu plus, en une minute & quelques secondes.

XIV. LEÇON.

L'esprit-de-vin s'éleve de 87 degrés, en une minute & 22 secondes.

L'huile de lin emploie au moins 3 minutes pour arriver au soixante-douzieme degré qui est le plus haut qu'elle puisse prendre, par la chaleur de l'eau bouillante.

Ainsi de ces quatre liqueurs éprouvées par la chaleur de l'eau bouillante, l'esprit-de-vin est la plus dilatable, si par *dilatabilité* on entend l'extensibilité de volume; & le mercure l'est encore davantage, eu égard à sa sensibilité, c'est-à-dire, à la promptitude avec laquelle il reçoit le degré de chaleur qu'on lui communique.

EXPLICATIONS.

Par toutes ces épreuves on voit que les liquides, comme les solides, s'échauffent, se dilatent, augmentent de volume, & que, suivant leurs différentes natures, la dilatation est plus ou moins grande, plus ou moins prompte. La cause générale de cet effet est toujours l'action du feu qui pénetre la masse liquide, qui désunit, & qui sou-

leve les parties : mais la meſure de la dilatation, ſoit pour l'étendue qu'elle peut avoir, ſoit pour le temps dans lequel elle s'accomplit, dépend ſans doute de pluſieurs cauſes particulieres, qu'il ſeroit difficile de bien démêler.

Toutes choſes égales d'ailleurs, il ſemble qu'une liqueur doit être d'autant plus ſuſceptible des impreſſions du feu qui la pénetre, que ſes parties ſont plus mobiles entr'elles, & qu'il eſt plus facile de les déſunir : c'eſt peut-être par cette raiſon que le mercure ne met que 15 ſecondes à recevoir toute la chaleur que l'eau bouillante eſt capable de lui communiquer. Mais ſi ce corps liquide renfermoit peu de feu dans ſes parties, ou ſi ce feu renfermé ne devoit être développé que par une action beaucoup plus violente que celle qui lui vient de l'eau qui bout, on ne devroit s'attendre qu'à une dilatation imparfaite, à un ſimple ſoulevement de parties, cauſé par l'introduction d'une certaine quantité de feu étranger ; effet beaucoup inférieur à celui qu'on verroit, ſi ce feu qui vient du dehors, avoit aſſez de for-

ce pour donner à celui qui eſt renfermé dans chacune des parties de la maſſe, toute l'action qu'il pourroit acquérir. Si l'on admet, à l'égard du mercure, cette ſuppoſition qui eſt aſſez vraiſemblable, on n'aura pas de peine à voir pourquoi ſon volume n'augmente que de $\frac{14}{1000}$, tandis que celui de l'eſprit-de-vin, qui contient ſans doute plus de feu, & un feu moins enveloppé, reçoit une augmentation de $\frac{87}{1000}$.

L'huile de lin, matiere inflammable, ſe dilate par la chaleur de l'eau bouillante bien plus que le mercure & l'eau ; mais l'expanſion du feu qu'elle contient, & qui contribue beaucoup à ſa dilatabilité, n'eſt pas auſſi libre que celle de l'eſprit-de-vin ; elle eſt retardée par l'adhérence réciproque des parties, par cette viſcoſité qu'on apperçoit ſenſiblement dans toutes les liqueurs graſſes. Ainſi, parce que l'huile contient plus de feu que l'eau commune, un certain degré de chaleur la dilate plus qu'elle ; mais il ne la dilate pas autant que l'eſprit-de-vin, parce que le feu de celui-ci ſe met plus aiſément en action.

APPLICATIONS.

Un vaiſſeau de verre, ou de quelque autre matiere fragile, ſe caſſe bientôt s'il eſt entiérement rempli de liqueur, exactement bouché, & tranſporté enſuite dans un lieu chaud; c'eſt ce qu'on voit arriver aſſez communément aux flacons de poche, quand ils ſont trop pleins, & j'ai perdu pluſieurs fois des globes de verre, que j'avois rempli d'eau pendant l'hiver, & que j'oubliois de vuider avant que les chaleurs du printemps ou de l'été fuſſent venues; la maſſe du liquide ainſi renfermé, en s'échauffant, ſe dilate plus que la matiere du vaiſſeau, & le fait crever par deux raiſons; 1° parce que les liqueurs ne ſe laiſſant point comprimer à la maniere des ſolides, le volume qui tend à s'augmenter, ne fait point céder à la réſiſtance des parois qui le renferment. 2° Parce que l'effort ſe fait du dedans au dehors, & que les parties qui forment l'épaiſſeur du vaiſſeau, ne ſe ſoutiennent point réciproquement, comme cela arrive, quand une preſſion égale les ſerre entiérement de toutes parts, comme je l'ai expliqué en parlant des

XIV. LEÇON.

récipients de la machine pneumatique. *

* Tom. 3. p. 201 & seq.

Les bouteilles pleines de vin qu'on tire de la cave pendant les grandes chaleurs de l'Eté, se cassent quelquefois par les mêmes raisons, & elles se casseroient bien plus fréquemment, si l'on n'étoit pas dans l'usage de les tenir fraîches, soit en les plongeant dans l'eau de puits récemment tirée, soit en les entourant de glace pilée : une autre cause qui les empêche encore de se casser, lors même qu'on néglige de les rafraîchir, c'est qu'elles ne sont presque jamais pleines entiérement & que le liege dont on les bouche est une matiere flexible qui peut céder un peu à l'effort qui se fait par dedans.

De tous les exemples que je pourrois encore citer, comme ayant rapport à notre expérience, il n'en est pas qui convienne mieux, & qui mérite plus notre attention que le thermometre. L'instrument même que j'ai décrit dans la *préparation*, en est un ; & l'on peut juger du mérite de cette invention moderne, par la maniere dont elle a été accueillie, non-seulement des Physiciens, mais aussi des personnes qui

qui s'intéressent le moins aux progrès des Sciences & des Arts : est-il quelqu'un qui en ignore l'usage, & qui n'aime à en parler, lorsque le froid ou le chaud lui en donne occasion. On en peut juger aussi, & plus sûrement par les connoissances qu'il nous a déjà procurées, & par celles qu'on a droit d'en attendre.

Avant qu'on eût des thermometres, comment pouvoit-on juger des différentes températures de l'air ; de celle des lieux où il nous importe qu'elle soit d'un degré déterminé, de l'état de certains mêlanges, de certaines compositions, dont le succès n'est sûr qu'autant qu'on y entretient telle ou telle chaleur ? Connoissoit-on d'autres refroidissements que ceux dont on s'appercevoit par le toucher, signe tout-à-fait équivoque ? Savoit-on que dans les caves profondes, & dans les antres souterreins il ne fait ni plus chaud en Hiver ni plus froid en Eté, que dans toutes les autres saisons de l'année ; ou que s'il y a des différences, elles sont très-peu considérables ? Savoit-on que l'eau qui bout long-temps ne devient pas plus chaude qu'elle ne l'étoit

XIV. LEÇON.

après les premiers bouillons ? Enfin ; ſans les thermometres ſe ſeroit-on jamais douté que dans les pays les plus chauds, ſous la ligne équinoxiale, la plus grande chaleur n'excede pas celle que nous éprouvons quelquefois dans nos climats tempérés ? Auroit-on ſu, & l'auroit-on pu croire, qu'il y eût un pays habité par des hommes, où le froid devient, en certaines années, deux fois auſſi grand & même davantage que celui qui cauſa tant de déſordre en 1709 en France, & dans pluſieurs autres parties de l'Europe.

Le Phyſicien guidé par le thermometre travaille avec plus de certitude & de ſuccès ; le bon citoyen eſt mieux éclairé ſur les variations qui intéreſſent la ſanté des hommes, & les productions de la terre ; & le particulier qui cherche à ſe procurer les commodités de la vie, eſt averti de ce qu'il doit faire pour habiter pendant toute l'année dans une température à peu près égale.

Cet inſtrument qui a tant d'avantages, & qui eſt digne d'Archimede, ſortit pour la premiere fois des mains d'un payſan de Northollande (*a*). A la

(*a*) Traité des Barometres, des Thermo-

vérité, ce payſan, nommé Drebbel, n'étoit point un de ces hommes groſſiers qui ne connoiſſent que les travaux de la campagne ; il paroît qu'il avoit naturellement beaucoup d'induſtrie, & apparemment quelque connoiſſance de la phyſique de ce temps-là. On peut ajouter encore, pour rendre cet événement moins merveilleux, que le thermometre de Drebbel étoit fort imparfait, capable à peine de faire entrevoir les utilités qu'on pouvoit attendre d'un autre qui feroit mieux conſtruit, & d'en faire naître l'idée. C'étoit un tube de verre terminé en haut par une boule creuſe de même matiere, & plongé par en-bas dans un petit vaſe rempli d'eau ou de quelqu'autre liqueur colorée; le tout étoit attaché ſur une planche diviſée en parties égales, avec des chiffres de 5 en 5 ou de 10 en 10, comme on le peut voir par la *Fig.* 10. Pour mettre cet inſtrument en état de marquer les augmentations du froid & du chaud, l'Auteur appliquoit ſa main ſur la boule pour l'échauffer : auſſi-tôt l'air du dedans ſe di-

metres & Notiometres, imprimé à Amſterdam en 1688.

latoit, augmentoit de volume, & ne pouvant plus tenir dans cette espece de vaisseau, une partie sortoit par en-bas, à travers de la liqueur colorée; on cessoit alors d'échauffer la boule, ce qui donnoit lieu à l'air qui étoit resté de se condenser, en se refroidissant; en même temps celui de l'athmosphere, qui pesoit sur la surface du petit vase, faisoit monter la liqueur dans le tube jusqu'au milieu ou aux trois quarts de sa longueur.

Cela étant fait, on voit bien que cette liqueur colorée, qui occupoit une partie du tube, devoit s'y élever ou s'abaisser, selon que la température de l'air extérieur refroidissoit ou échauffoit celui qui occupoit la boule & la portion du tuyau immédiatement au-dessous.

Ce thermometre avoit beaucoup de défauts qui l'ont fait abandonner : le plus grand de tous, c'est qu'il étoit sujet, comme un barometre, aux variations du poids de l'athmosphere, qui ne suivent pas, comme l'on sait, celles de sa température. Comme la liqueur colorée ne montoit dans le tuyau qu'en vertu de la pression de l'air

du dehors, il pouvoit arriver que cette liqueur fût sollicitée à s'élever par cette cause, tandis qu'une augmentation de chaleur dilatant l'air du dedans, exigeoit qu'elle descendît; & alors ces deux causes opposées l'une à l'autre, ou se détruisoient mutuellement à forces égales, ou ne produisoient dans les autres cas qu'un effet participant de l'une & de l'autre, toujours équivoque & peu propre à indiquer le vrai dégré de chaleur qu'on cherchoit à connoître.

Cependant, avec ce defaut & plusieurs autres dont je ne fais point mention, cet instrument avoit ce qu'il faut essentiellement pour faire un thermometre; c'étoit un fluide très-dilatable renfermé dans un vaisseau transparent, & d'une figure propre à rendre sensibles les moindres changements que le froid ou le chaud pourroient causer au volume. Cette premiere idée a servi comme de base à presque toutes les inventions de cette espece qui ont paru depuis.

Le thermometre de Florence, ainsi nommé, parce qu'il vient originairement de l'Académie *del Cimento* établie

XIV. LEÇON.

dans cette ville, ou parce que Sanctorius, Médecin Italien, en fit usage pour connoître le degré de chaleur de ses malades, fut pendant plus de soixante ans préféré à tous les autres : & c'est encore aujourd'hui celui qu'on trouve le plus communément dans les boutiques des émailleurs ; il est composé d'un tube de verre fort menu, au bout duquel on a soufflé une boule : on emplit cette boule & environ un quart du tube, par un temps froid, ou après les avoir entourés de neige ou de glace pilée ; on les emplit, dis-je, d'esprit-de-vin coloré, & quand on juge que la liqueur est suffisamment refroidie, en chauffant le verre, on la fait monter presque jusqu'au haut du tube, que l'on scelle alors hermétiquement (*a*). On attache ensuite cet instrument sur une planche divisée en 100 parties égales, que l'on distingue par des chiffres de 10 en 10, ou de 5 en 5, & qui mesurent toute la longueur du tube. *Voyez la Fig.* 11.

(*a*) Sceller un tube ou un vaisseau de verre hermétiquement, ou à la maniere d'Hermes, c'est amollir au feu de la lampe la partie ouverte, jusqu'à ce que la matiere se joigne, & s'unisse de toutes parts.

A meſure que le thermometre s'eſt perfectionné, on a ſenti qu'il pouvoit l'être encore davantage ; on a déſiré qu'il le fût, & les plus grands Phyſiciens de ce ſiecle (*a*) ſe ſont fait honneur de travailler dans cette vue. Les Académiciens de Florence, & ceux qui avoient reçu d'eux cet inſtrument, lui avoient laiſſé deux défauts qui limitoient beaucoup ſon uſage & qui rendoient ſes déciſions vagues & incertaines. Premiérement, le froid & le chaud qu'il marquoit ne ſe rapportoit à rien de fixe ni de connu : il faiſoit voir à la vérité que l'air ou toute autre matiere dans laquelle on le tenoit plongé, avoit plus ou moins de chaleur qu'on n'y en avoit trouvé précédemment ; mais ce plus ou ce moins ne rappelloit aucune idée ſaiſiſſable pour établir une comparaiſon, pour former un jugement.

En ſecond lieu, pluſieurs thermometres de cette eſpece n'étoient point comparables entr'eux ; dans la même température, les uns ſe fixoient plus

(*a*) MM. Amontons, Halley, Newton, de Reaumur, Deliſle, Farenneith, & Prins, guidés par M. Boheraave, &c.

haut, les autres plus bas ; ce ne pouvoit être que par hazard & fort rarement, qu'ils exprimassent le même chaud ou le même froid par le même nombre de degrés ; & par une conséquence nécessaire, lorsqu'ils étoient placés dans des lieux différents, & que leurs marches ne s'accordoient point, on ne pouvoit pas en conclure avec sûreté, que ces lieux fussent plus chauds l'un que l'autre, ni qu'ils le fussent également, quand bien même la liqueur se seroit fixée de part & d'autre vis-à-vis le même chiffre. On ne pouvoit donc comparer la température d'un temps ou d'un lieu, à celle d'un autre temps ou d'un autre lieu, qu'en employant le même thermometre, moyen impraticable dans les cas les plus intéressants, comme lorsqu'il s'agiroit de connoître le froid & le chaud de tous les climats de la terre, ou d'une longue suite d'années ; comment faire voyager ainsi cet unique instrument, & quand cela se pourroit, sa fragilité permettroit-elle de compter raisonnablement sur sa durée ?

Mais supposons qu'un Physicien eût

été aſſez heureux pour faire, à l'aide de ſon thermometre, un grand nombre d'obſervations intéreſſantes, comment fera-t-il pour tranſmettre ſes connoiſſances, & pour déſigner au juſte ce qu'il ſait par rapport aux différents degrés de froid & de chaud qui ſont partie de ſes découvertes? Suffira-t-il qu'il diſe: mon thermometre marquoit alors 15, 20, ou 30 degrés? Ce langage ne ſe fera point entendre de ceux à qui ce thermometre eſt inconnu; ceux même qui le connoîtroient, n'en feroient guere mieux inſtruits, s'ils ne s'étoient mis un peu au fait de la valeur de ces termes, par d'autres obſervations.

Dès les premieres années de ce ſiecle, M. Amontons * conçut l'idée d'un thermometre comparable, d'un thermometre qui eût pour baſe un terme de chaleur fixe, connu de tout le monde, facile à retrouver quand il en feroit beſoin, avec une graduation qui, au lieu d'être arbitraire comme à celui de Florence, offrît à l'eſprit des quantités proportionnelles & relatives à un terme commun. En un mot, ce nouvel inſtrument devoit être tel,

* *Mém. de l'Ac. des Sc.* 1702, p. 161, & *ſuiv.*

XIV. LEÇON. qu'étant construit par diverses personnes, en différents temps, & dans tous les lieux imaginables, il exprimât toujours le même chaud ou le même froid, par le même nombre de degrés; & que s'il venoit à se casser ou à se perdre, celui qu'on lui substitueroit, étant fait sur les mêmes principes, le remplaçât à tous égards, en marquant tout ce qu'il auroit marqué lui-même.

Pour remplir ce projet, M. Amontons faisoit usage de deux belles découvertes qu'il venoit de faire, & dont nous avons déjà fait mention : * la premiere, que le ressort ou la force élastique de l'air s'augmente d'autant plus par le même degré de chaleur, que ce fluide est chargé d'un plus grand poids : la seconde, que l'eau qui a une fois acquis assez de chaleur pour bouillir, ne devient pas plus chaude, quoiqu'elle continue de bouillir plus long-temps. Il avoit donc d'une part, un point fixe de chaleur très-saisissable, à portée de tout le monde, & qui renfermoit au-dessous de lui tous les degrés de froid & de chaud qu'on pouvoit éprouver dans les différents climats : d'un autre côté,

* *Tom. 3. p. 261, & Tom. 4. page 36.*

il employoit fort ingénieusement le poids d'une colonne de mercure, pour charger & comprimer une masse d'air contenue dans une boule creuse, à laquelle étoit adapté un tube de verre recourbé, comme on le peut voir par la *Fig.* 12. Il apprenoit, par la hauteur plus ou moins grande du mercure dans le tube *g h*, de combien le ressort de l'air contenu dans la boule *k* étoit moindre que celui qu'il reçoit de l'eau bouillante, quand on l'y tient plongé ; & comme on savoit que ce ressort augmenté ou affoibli étoit l'effet d'une chaleur plus ou moins forte, on jugeoit de l'intensité de cette cause par la colonne de mercure plus ou moins longue que soutenoit l'air de la boule.

Cependant comme la masse d'air avoit à soutenir non-seulement le mercure contenu dans le tube, mais encore une colonne de l'athmosphere qui pesoit en *g*, & dont le poids est variable ; dans l'usage qu'on faisoit de cet instrument, il falloit avoir égard à la hauteur actuelle du barometre ; c'est-à-dire, que si le thermometre, par exemple, avoit été construit dans

XIV. LEÇON. un temps & dans un lieu où le barometre marquoit 28 pouces, & qu'on vînt à le consulter lorsque le même barometre ne marquoit plus que 27 pouces $\frac{1}{2}$; il falloit rabattre six lignes de l'élévation du mercure dans le tube *g h* du thermometre ; & au contraire compter sur l'addition d'une pareille quantité, si du temps de la construction, à celui de l'observation, le barometre avoit monté de six lignes.

Cette attention qui auroit peu coûté à des Physiciens, étoit pourtant une sujétion incommode dans l'usage d'un instrument qui devoit passer entre les mains de tout le monde; d'ailleurs ce thermometre étoit nécessairement grand, sans quoi le mercure qui sortoit de la boule pour monter dans le tuyau eût laissé un vuide qui auroit augmenté la capacité occupée par la masse d'air, d'une quantité trop considérable, pour être négligée, comme on supposoit qu'elle pouvoit l'être sans erreur sensible ; cette grandeur, nécessaire pour la justesse, mettoit le verre en plus grand risque d'être cassé, & ne permettoit pas qu'on pût le plonger dans des liqueurs ou dans

d'autres matieres qu'on n'auroit eu qu'en petite quantité, comme il arrive assez souvent dans les laboratoires de Physique ou de Chymie. Enfin, pour être sûr que plusieurs thermometres de cette espece, eussent tous la même marche, il falloit que les masses d'air renfermées dans les boules fussent de la même qualité; car on sait que la dilatabilité de ce fluide dépend beaucoup de son degré de pureté, & que s'il est plus ou moins humide seulement, le même degré de chaleur le dilate avec des différences très-considérables; comment pouvoit-on s'assurer au juste de l'état de celui dont on remplissoit la boule, dans des temps & dans des lieux éloignés les uns des autres?

Ces difficultés, jointes à celles d'une construction assez délicate (*a*), ont empêché que le thermometre de M. Amontons, tout ingénieux qu'il étoit, ne s'accréditât d'une certaine façon: un ouvrier fort intelligent de ce temps-là (*b*), instruit & guidé par

(*a*) Voyez le Mémoire cité ci-dessus, à la page 168.

(*b*) Le sieur Hubin, habile & célebre Emailleur.

XIV. LEÇON. l'Auteur même, en répandit un certain nombre, que les curieux conserverent dans leurs cabinets; mais ce qu'on nomme le public, prit peu de part à cette invention; à peine trouve-t-on quelque Ouvrage de physique, où il soit fait mention de l'usage qu'on en a fait.

Il étoit réservé à M. de Reaumur de causer à cet égard une révolution presque totale, de faire cesser jusques parmi le peuple l'usage du thermometre de Florence, & de lui en substituer un qui, n'ayant point l'air d'une nouveauté par son extérieur, se trouve avoir toutes les qualités qu'on avoit désirées jusqu'alors dans cet instrument: en effet, en suivant de point en point ce que prescrit M. de Reaumur *, chacun peut en tout temps, & presque en tout lieu, construire des thermometres, dont les marches soient comparables entr'elles, dont les degrés soient relatifs à des termes de froid & de chaud bien fixes & bien connus, des thermometres qu'on observe immédiatement & sans aucune déduction, & qui soient applicables à toutes les épreuves qui

* *Mém. de l'Ac. des Sc.* 1730, *p.* 452, & *suiv.*

ſont du reſſort de cet inſtrument.

Pour remplir toutes ces vues, M. de Reaumur commence la graduation de ſes thermometres au degré de froid qui fait geler l'eau commune, & qui ſuffit à peine pour empêcher de fondre la glace que l'on tient dans un lieu où il ne gele pas; il eſt peu d'endroits où l'on ne puiſſe avoir de la glace, de la neige, ou au moins de la grêle dans quelque ſaiſon de l'année, & ce terme plus facile à obtenir qu'aucun autre dont on ſe ſoit ſervi juſqu'à préſent, eſt auſſi plus ſaiſiſſable, & moins ſujet à varier; ceux qui lui préferent la température des caves profondes, prétendent-ils qu'on trouvera plus communément des ſouterreins ſemblables à celui de l'Obſervatoire de Paris, que de l'eau glaçée ou prête à l'être? Quand cela ſeroit auſſi vrai qu'il eſt peu vraiſemblable, nous ſavons préſentement, à n'en plus douter, que cette température ſouterreine n'eſt point fixe comme il faudroit qu'elle le fût, & comme on l'a ſuppoſé long-temps. Je ne crois pas non plus qu'un froid artificiel, excité par un mêlange de glace avec

XIV. LEÇON.

quelque ſel, doive être préféré au froid naturel de la glace ou de la neige pure ; plus les opérations ſont ſimples, moins elles nous expoſent à nous tromper. La chaleur de l'eau bouillante même, que quelques Phyſiciens ont pris pour leur point fixe, ne l'eſt pas autant que celui dont M. de Reaumur fait uſage pour commencer ſa graduation. L'eau n'eſt auſſi chaude qu'elle peut l'être, qu'après avoir bouilli pendant quelques inſtants ; & comme elle s'échauffe de plus en plus, juſqu'à ce qu'elle bouille très-fort, & que ce bouillonnement arrive plutôt ou plus tard, ſelon le poids actuel de l'air qui peſe ſur ſa ſurface, il eſt évident que le degré de chaleur de l'eau qu'on fait bouillir, devient plus ou moins grand, ſuivant la peſanteur actuelle de l'athmoſphere ; auſſi Farenneiht, qui fit le premier cette remarque, avoit-il bien ſoin de conſulter la hauteur du barometre avant que de marquer le terme de l'eau bouillante ſur ſes thermometres de mercure ; & je ne doute pas que M. de Liſle, qui part auſſi de ce terme pour la graduation des ſiens, n'ait

n'ait égard à cette Obſervation, qui a été bien vérifiée depuis. XIV. LEÇON.

Après avoir fait choix d'un terme fixe, M. de Reaumur, par des procédés ingénieux, mais dont il faut apprendre le détail par la lecture même de ſon Mémoire, étudie & trouve le rapport qu'il y a entre la capacité de la boule & celle du tuyau; il eſt bien plus sûr & plus facile de s'y prendre ainſi que de prétendre obtenir quelque proportion déterminée des Ouvriers qui ſoufflent ces ſortes de verres, & que la plus longue habitude ne met pas en état de faire à cet égard ce que l'on voudroit. Cela étant fait, il diviſe le tube de maniere que chaque portion de ſa capacité peut contenir tout juſte $\frac{1}{1000}$ partie de la liqueur qui occupe la boule, & environ un quart du tuyau; de ſorte qu'ayant fait prendre à cette liqueur le froid de la glace, il marque zéro à l'endroit où elle s'arrête, & compte au-deſſous de ce terme les degrés de condenſation, & au-deſſus ceux de dilatation.

Quand la liqueur, en s'échauffant, monte dans le tube de 5 ou 6 degrés

au-dessus de zéro, *terme de la glace*, ou *de la congélation de l'eau*, cela signifie donc que son volume, qui n'étoit que de 1000 parties, devient égal à 1000 & 5 ou 6 de ces mêmes parties; & quand au contraire la liqueur en se refroidissant s'abaisse au-dessous de ce terme, on sait par le nombre de degrés qu'elle parcourt en descendant, que son volume est diminué de tant de milliemes.

Si deux de ces thermometres sont faits avec des boules & des tubes, dont les capacités ne soient point de part & d'autre dans des rapports semblables; que le tube de l'un, par exemple, soit à la boule comme 100 à 1000, ou comme 1 à 10 pour la capacité, & que la proportion de l'autre soit comme 150 à 1000, ou comme 1 $\frac{1}{2}$ à 10, tout ce qu'il en arrivera, c'est que l'échelle de celui-ci aura les degrés plus petits & en plus grand nombre que l'autre; mais dans tous les deux, ces degrés seront toujours des milliemes de la capacité qui est au-dessous de zéro, & c'est ce qui caractérise principalement le thermometre de M. de Reaumur, & ce

qui le fait différer essentiellement de ceux dont la graduation faite en parties égales & en nombre arbitraire sur la longueur du tuyau, ne donne aucune idée distincte de l'action de la chaleur, puisque la dilatation de la liqueur qui en est l'effet, n'y est pas mesurée par des quantités égales, ou proportionnelles.

Mais ce n'étoit point assez pour rendre les thermometres comparables, & leur procurer des marches semblables, de commencer la graduation à quelque terme connu & fixe, & d'établir une certaine proportion entre toutes les parties du tuyau, & la capacité de la boule; il falloit encore convenir d'une liqueur dont le degré de dilatabilité fût déterminé, & qu'on pût aisément se procurer partout; car nous avons fait voir par l'expérience même qui a fait naître cette digression, que le degré de chaleur qui fait monter l'esprit-de-vin dans le tube jusqu'au 87e millieme, n'éleve pas autant, à beaucoup près, l'eau pure, l'huile de lin, le mercure, & que chacune de ces liqueurs, également chauffée, se fixe à la hauteur

XIV. LEÇON.

qui lui convient ; d'où il arriveroit nécessairement, que si deux thermometres, construits d'ailleurs suivant les principes de M. de Reaumur, différoient seulement par plus ou moins de dilatabilité dans leurs liqueurs, les degrés correspondants ne pourroient plus exprimer des quantités semblables de froid & de chaud : l'un des deux, par exemple, marqueroit la chaleur animale par 32 degrés au-dessus du terme de la glace, & l'autre par le même nombre de degrés exprimeroit une chaleur qui seroit, à coup sûr, plus forte ou plus foible.

La liqueur la plus dilatable seroit sans doute la plus propre à faire des thermometres bien sensibles ; mais dans bien des occasions on auroit peine à la trouver, & l'intention de l'Auteur a été que le nouveau thermometre pût se faire en tout temps & en tout lieu ; c'est pourquoi il s'est un peu relâché sur la grande dilatabilité, pour sauver une difficulté par laquelle on auroit été souvent arrêté. M. de Reaumur s'est fixé à l'esprit-de-vin, qu'il affoiblit avec de l'eau ; & après avoir donné des regles pour

cet affoibliffement, il enfeigne des moyens fûrs pour connoître fi ce mêlange a atteint précifément le degré prefcrit de dilatabilité ; ces épreuves confiftent à faire paffer un de ces thermometres par certains degrés de chaud & de froid, qu'on fait d'ailleurs être toujours les mêmes ; par la chaleur de l'eau bouillante, par exemple ; par celle d'un mêlange de glace ou de neige, avec un tiers du poids de fel marin, &c. delà vient que dans tous les thermometres conftruits fur ces principes, le degré de l'eau bouillante eft de 80, celui de la chaleur animale 32 $\frac{1}{2}$, celui des fouterreins très-profonds 10 $\frac{1}{4}$, celui du fel commun, mêlé avec la glace, 15, au-deffous du terme de la congélation de l'eau ; & cette méthode eft fi fûre que quand une fois la liqueur eft propre à l'un de ces termes, au refroidiffement caufé à la glace par le fel marin, par exemple, elle convient pour tous les autres.

Si dans la conftruction des ces thermometres on a donné la préférence à l'efprit-de-vin fur des liqueurs fufceptibles d'un plus haut degré de cha-

leur, c'eſt qu'on s'eſt propoſé avant toute choſe d'en faire un inſtrument météorologique, un inſtrument dont le principal uſage ſeroit de faire connoître les différentes températures de l'air ; & en le conſidérant ſous ce point de vue, il eſt inconteſtable qu'on a eu raiſon de préférer aux huiles qui s'épaiſſiſſent, & au mercure qu'on a peine à appercevoir, une liqueur très-dilatable, qui ſe colore autant qu'on le veut, & qui peut ſoutenir beaucoup plus de chaleur qu'elle n'en peut jamais recevoir de l'air dans aucun climat. S'il eſt queſtion de s'en ſervir dans les laboratoires de Phyſique & de Chymie, pour meſurer des degrés de chaud qui ſurpaſſent celui de l'eau bouillante ; ſi des obſervations récentes & poſtérieures à l'invention de cet inſtrument, ont appris que l'eſprit-de vin affoibli, pourroit bien ſe geler dans certaines parties du monde, où l'on ſeroit peut-être bien-aiſe de le faire voyager, rien n'empêche qu'en gardant tout le reſte de la conſtruction, on ne ſubſtitue à l'eſprit-de-vin pour ces cas rares, ou pour des uſages particuliers, toute autre liqueur

moins prompte à bouillir, pourvu qu'on tienne compte de ſon degré de dilatabilité.

XIV. Leçon.

J'ai beaucoup de peine à croire que l'eſprit-de-vin devienne moins dilatable & moins condenſable par ſucceſſion de temps : c'étoit pourtant l'opinion de M. Halley, cité par M. Muſchenbroek *, qui dit l'avoir éprouvé lui-même ; c'eſt auſſi ſur ma propre expérience que je m'appuie pour penſer tout autrement ; voilà bien des fois que je remets à la glace, à l'eau bouillante, & aux autres épreuves, des thermometres que j'ai faits il y a environ quinze ans, & je les vois toujours revenir aux mêmes termes ; celui de M. de la Hyre, que l'on conſerve encore à l'Obſervatoire, & que l'on tient depuis plus de quarante ans en plein air dans toutes les ſaiſons, ne donne aucune marque ſenſible d'affoibliſſement.

* *Eſſais de Phyſ. t. 1. pag. 461.*

Le ſeul reproche raiſonnable qu'on ait fait aux thermometres de M. de Reaumur dans le temps qu'ils commencerent à paroître, (& c'étoit moins un reproche qu'un regret) c'eſt qu'étant beaucoup plus grands que ceux

XIV. LEÇON.

de Florence, ils en étoient moins faciles à transporter par-tout où l'on souhaitoit les avoir, & moins prompts à suivre les changements qui arrivent, quelquefois assez subitement, à la températute de l'air. Cette difficulté fut bientôt levée, M. de Reaumur, sous la direction duquel je travaillois alors, me fit appercevoir que ces grands instruments, & l'appareil qu'ils exigeoient pour être construits avec justesse, n'étoient nécessaires que pour en régler d'autres qui pourroient être aussi justes qu'eux, & beaucoup plus petits; je n'en ai plus fait depuis que pour cet usage, & tous ceux qui sortent maintenant de mon laboratoire, sont, ou de la grandeur ordinaire des barometres, ou renfermés dans une petite boîte fort étroite, qui n'a pas un pied de longueur, *Fig.* 13. Je les pourrois bien faire encore plus petits, à l'imitation de ceux qui entrent dans des étuis à curedents, *Fig.* 14; mais je pense que, comme il n'étoit pas raisonnable de rejetter les premiers thermometres de M. de Reaumur, par la seule raison que les yeux n'étoient pas accoutumés à voir ces sor-

tes

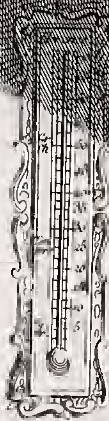

Fig. 11.


Fig. 12.

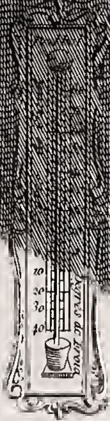

Fig. 10.



Fig. 9.

tes d'inſtruments de quatre ou cinq pieds de hauteur, il eſt preſque puérile auſſi de vouloir qu'ils puiſſent ſe porter dans la poche, comme un couteau, & de forcer gratuitement ſa vue ſur une graduation exceſſivement fine.

La premiere expérience employée dans cette Leçon fait naître une difficulté contre tous les thermometres qui ont paru juſqu'à préſent : tous, par leur forme, reſſemblent plus ou moins au vaiſſeau repréſenté par la *Fig.* 1, & nous avons vu que la boule qui contient la plus grande partie de la liqueur, ſe dilate & devient plus grande à meſure qu'elle s'échauffe. Il ſuit delà que la liqueur d'un thermometre ne monte pas auſſi haut dans le tube qu'elle y monteroit, par le degré de chaleur qu'elle éprouve, ſi la capacité de la boule étoit abſolument invariable ; & par rapport à celui de M. de Reaumur, que les portions du tuyau qui répondent à chaque degré, ne ſont rigoureuſement des milliemes de la capacité qui eſt au-deſſous de zéro, que quand l'inſtrument eſt dans une température égale à celle où il

XIV. LEÇON.

étoit, quand on a meſuré & déterminé cette proportion. Dans les grandes chaleurs ces meſures pechent par défaut ; elles ne contiennent pas tout-à-fait cette millieme partie dont il s'agit : dans les grands froids elles la contiennent, & un peu plus, elles pechent par excès ſi la liqueur échauffée par l'eau bouillante s'arrête vis-à-vis le chiffe 80, il faut donc entendre qu'elle s'éleveroit plus haut de toute la quantité dont l'inſtrument de notre expérience, plongé dans l'eau qui bout, fait deſcendre la ſienne, ſi les boules & les tubes étoient dans les mêmes rapports de part & d'autre.

Cet effet eſt inévitable ; il ne s'agit plus que de ſavoir de quelle quantité il influe ſur les proportions d'où dépend l'exactitude du thermometre, dans quels cas il cauſe une imperfection notable, & s'il y a des moyens pour y remédier. Le Mémoire de M. de Reaumur, cité ci-deſſus *, répond amplement ſur tous ces articles ; je crois ne pouvoir mieux faire que d'y renvoyer le Lecteur, comme j'ai fait à l'égard des détails qui regardent la

* P. 398.

construction du thermometre même ; car, je l'ai déjà dit plusieurs fois, cet ouvrage n'est point fait pour apprendre à construire des instruments de Physique ; si je m'écarte quelquefois pour en montrer, pour ainsi dire, l'esprit & les principes, ce n'est qu'autant que ces digressions ont un rapport assez marqué avec la matiere que je traite : c'est la raison pour laquelle j'espere qu'on voudra bien me pardonner la longueur de celle-ci. Je ne dois pourtant pas la finir sans dire un mot de l'usage le plus commun du thermometre, & de la maniere de l'observer.

C'est ordinairement pour connoître les différents degrés de chaud & de froid qui regnent dans l'air, qu'on emploie cet instrument, & qu'on est curieux d'examiner sa marche : pour le faire d'une maniere convenable, il faut avoir quelques attentions, sans lesquelles on tomberoit dans l'inexactitude. Il faut, 1° placer le thermometre à l'air libre, c'est-à-dire en dehors des appartements ; & s'il est appuyé contre un mur, on doit prendre garde que ce mur ne contienne

XIV. LEÇON.

dans ſon épaiſſeur quelque tuyau de cheminée, ou qu'il ne ſoit adoſſé à quelque four où l'on faſſe du feu à certains temps. Ceux que l'on place dans les chambres ne peuvent indiquer que la température du lieu où ils ſont, cela n'eſt pas inutile dans bien des occaſions (*a*): mais on n'en doit rien conclure pour le temps qu'il fait au dehors. 2° L'expoſition doit être au Nord, ou à peu près, dans quelque place qui ne reçoive jamais ni les rayons directs, ni même les rayons réfléchis du ſoleil; & à cet égard, il eſt bon que l'on ſache que la proximité d'un grand arbre, d'un édifice, fût-il paſſablement éloigné, d'une montagne voiſine, &c. peut cauſer des reflets de lumiere très-efficaces; le pavé même renvoie au premier étage, & aux appartements du rez-de-chauſſée, une chaleur qui differe notablement de celle qui agit plus haut. 3° Le temps le plus froid des vingt-quatre heures,

(*a*) Pour échauffer, par exemple, convenablement la chambre d'un malade, ou une ſerre; pour ſavoir la différence qu'il y a quant au froid, entre l'air du lieu que l'on habite, & celui qu'on doit reſpirer en ſortant, & éviter des excès dangereux, &c.

qui composent dans nos climats la nuit & le jour, étant pour l'ordinaire celui qui précede un peu le lever du soleil, & le temps le plus chaud, celui qui arrive deux ou trois heures après le passage de cet astre par le méridien, il est à propos qu'un Observateur exact visite le thermometre deux fois tous les jours, le matin, & l'après-midi dans les temps dont je viens de parler, indépendamment des observations qu'il lui plairoit de faire dans les autres heures du jour ou de la nuit.

4° Quand on regarde la liqueur pour savoir au juste à quel degré d'élévation elle est, il est nécessaire de placer l'œil à la même hauteur; car s'il est plus haut, on jugera la liqueur moins élevée qu'elle ne l'est en effet; & s'il est plus bas, cette même liqueur paroîtra trop haute. *Voyez la Fig.* 15.

5° Enfin, on doit faire attention que si l'on s'approche fort près & long-temps, sur-tout avec un flambeau ou une bougie allumée, pour observer le degré de froid ou de chaud qui est désigné par la liqueur du tube, il peut arriver que celle de la boule reçoive quelque chaleur qui ne vient

XIV. LEÇON. point de l'air, & qui rende l'obſervation moins exacte.

Si l'on veut donc faire part de ſes remarques ſur les diverſes températures de l'air, & leur mériter de la confiance de la part des Connoiſſeurs, on aura ſoin de dire de quelle eſpece de thermometre on s'eſt ſervi, en quel endroit de la terre, & comment il étoit expoſé, à quelles heures, & avec quelles attentions on l'a obſervé.

ON a vu par la premiere & par la ſeconde Expérience, que les corps ſolides les plus durs, les plus compacts, ſe dilatent & augmentent en volume quand on les chauffe de plus en plus juſqu'à un certain point; la troiſieme Expérience a prouvé que les liquides ſont ſoumis à la même loi; il s'agit maintenant d'examiner quels effets peut produire ſur les uns & ſur les autres une chaleur continuée & plus grande que celle dont il ne réſulte qu'une ſimple dilatation ou écartement de parties: commençons par ceux de la premiere claſſe.

La plupart des mixtes, ceux mêmes qui ont aſſez de conſiſtance pour

être nommés solides, sont composés de parties dont les unes bien moins fixes que les autres, quittent la masse avec le feu qui s'en exhale; & ces sortes de déchets commencent souvent avec les premiers degrés de chaleur : delà il arrive que le corps chauffé, avant que d'être arrivé à ses derniers degrés de dilatation, n'est déjà plus le même qu'il étoit au commencement, il a changé de nature par l'évaporation d'une partie de ses principes, & il a passé par divers états, si ces mêmes principes plus volatils les uns que les autres, n'ont cédé que successivement à l'action du feu. On ne doit pas s'attendre de trouver ici le détail de tous les changements qui arrivent par cette voie aux différentes especes de substances sur lesquelles on fait agir le feu; c'est un objet qui appartient à la Chymie, & qui seroit étranger à présent; celui qui m'occupe est de faire connoître l'action du feu en général, ce que cet élément est capable d'opérer, & non pas ce qu'il opere en effet sur telle ou telle matiere en particulier; si je suis obligé de m'attacher à des exemples, parce

que j'emprunte mes preuves de l'expérience, je dois choisir préférablement les plus simples, je dois représenter l'action du feu sur des matieres dont les parties semblables entr'elles, se prêtent ou se refusent toutes également au même effet; or dans la plupart des corps qui sont tels que je les suppose ici, la dilatation poussée jusqu'à son dernier période, finit enfin par un amolissement de la masse, par une liquéfaction plus ou moins parfaite, selon la nature du corps que l'on chauffe, ou le degré d'activité du feu que l'on fait agir.

IV. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Je place dans la demi-coquille d'une noix une de ces pieces de monnoie que nous nommons *sou-neuf*, dont la valeur est actuellement de dix-huit deniers, ou six liards, & qui sont faites d'un alliage de cuivre avec un peu d'argent : dessus & dessous cette piece, que je ploie un peu en forme de gaufre, je mets autant qu'il en peut tenir dans cette espece de creuset, un

mêlange fait de trois parties de nitre ou ſalpêtre fin, bien pulvériſé & ſéché ſur une pêle de fer que je fais chauffer, auxquelles je joins une partie de fleur de ſoufre, & autant de ſcieure ou rapure de quelque bois tendre tamiſée. (*a*) Je place la coquille ainſi chargée ſur du ſablon, ou ſur quelque ſupport qui s'accommode à ſa convexité, afin qu'elle ne ſe renverſe point, & avec une allumette je mets le feu à la poudre qu'elle contient. *Voyez la Fig.* 16.

EFFETS.

On voit la poudre s'enflammer & fuſer pendant quelques inſtants, après quoi l'on apperçoit au fond de la coquille le métal fondu & très-ardent, qui ſe ramaſſe en forme de bouton, & qui ſe durcit promptement dès que la matiere qui brûloit autour, eſt conſumée.

EXPLICATIONS.

Le feu dont on ſe ſert dans cette expérience eſt d'autant plus puiſſant,

(*a*) *Na.* Que toutes ces doſes ſont priſes au poids.

XIV. LEÇON.

qu'il fait agir avec lui ſur le métal, le ſoufre & le nitre qu'il a mis en fuſion; ces matieres contiennent un acide qui ſuffiroit ſeul pour diſſoudre le cuivre & l'argent, dont le *ſou-neuf* eſt composé : on a vu par une expérience de la premiere Leçon, * qu'une piece de monnoie s'ouvre en deux lorſqu'elle eſt pénétrée d'une certaine façon par la vapeur du ſoufre ; & tout le monde ſait que l'eſprit de nitre eſt le diſſolvant de preſque tous les métaux ; nous devons donc croire que ce mêlange enflammé, porte ſur la piece qu'on y a plongée, un degré de chaleur très-violent qui l'a bientôt dilatée autant qu'elle peut l'être ; mais la même cauſe continuant d'agir, le métal fait plus que ſe dilater, ſes parties trop écartées les unes des autres, pour conſerver leur adhérence réciproque, ſe quittent enfin, & nagent librement dans la grande quantité de feu qui les pénetre.

* Tom. I, p. 15.

Il ne faut pas moins que cette grande abondance de parties ignées pour tenir en fuſion du cuivre & de l'argent ; dès que le mêlange conſumé leur donne lieu de s'évaporer & de

ſortir de la maſſe qu'elles tiennent en état de liquidité, cette même maſſe reprend bientôt ſa premiere conſiſtance en paſſant, quoique plus lentement par tous les degrés de froid ou de moindre chaleur, que le feu lui avoit fait perdre.

XIV. LEÇON.

Ce qui mérite bien d'être remarqué, c'eſt que ce feu, dont l'activité fait fondre un métal très-dur, ne conſume pas la coquille de noix qui ſert de creuſet. Elle demeure ordinairement preſqu'entiere, après l'opération; elle n'eſt que légérement endommagée par dedans, ou ſi elle eſt percée, c'eſt ſeulement à l'endroit où a repoſé le métal fondu, ſi l'on n'a pas eu ſoin de l'éteindre avec de l'eau, dans l'inſtant qu'on s'eſt apperçu qu'il avoit coulé. Ce fait conſidéré en lui-même, paroît être d'une légere importance, & ne pas mériter la peine qu'on s'y arrête; mais il tient à d'autres qui intéreſſent davantage & qui dépendent comme lui d'une propriété du feu, digne d'une attention ſérieuſe.

Le feu, quand il agit en force ſuffiſante, produit des effets d'autant plus

XIV. LEÇON. grands, que ſon action a été plus retardée : quand une fois cette action devient victorieuſe, elle dilate, elle diſſout, elle diſſipe une maſſe avec d'autant plus de promptitude, & d'une maniere d'autant plus complete, que les parties de cette maſſe lui ont oppoſé plus de réſiſtance, avant que de céder : les métaux plus difficiles à fondre que la cire, la réſine, la graiſſe, &c. coulent auſſi beaucoup plus vîte, quand ils ſont atteints par le degré de chaleur auquel doit céder la cohérence de leurs parties. Les huiles graſſes s'enflamment plus tard que l'eſprit-de-vin, ou celui de térébenthine, mais leur embraſement porte un degré de chaleur bien plus conſidérable : la poudre qui s'allume en plein air, ne fait qu'un effort bien médiocre & qui n'a nulle proportion avec celui dont elle eſt capable, dans une arme à feu, ou dans un fourneau de mine.

Je conçois donc que le feu appliqué à la ſurface d'un corps ſolide, fait deux choſes en même temps ; il le pénetre d'un côté à l'autre, & en le pénétrant, il met en action les particules du feu qui réſident dans les petites maſſes

qui composent ce corps; si ces petites masses sont de nature à céder aisément aux premiers degrés d'expansion que reçoit le feu qu'elles renferment, celles de la surface se dissolvant, ou s'évaporant avant que les autres, qui sont plus reculées, aient été suffisamment échauffées; de couche en couche la masse se fond, comme on voit que cela arrive à de la cire, ou à du beurre; ou bien, elles se dissipent en fumée & en flamme, comme on peut le remarquer lorsqu'on voit brûler une bûche.

Mais si les parties de la surface ont un degré de fixité, qui donne le temps au feu qui les attaque de porter son effort jusques sur les autres & d'animer suffisamment les petites portions de feu qu'elles renferment, je comprends que l'expansion de ce feu interne, qui doit désunir les parties propres de la masse, doit avoir lieu presque en même temps par-tout, & que la dissolution devient générale en très-peu de temps, comme on voit que cela se passe à l'égard des métaux.

Si l'on veut revenir maintenant à la coquille de noix, qui a donné lieu à

XIV. LEÇON. cette remarque, on verra pourquoi elle s'est conservée presque toute entiere, tandis que le métal qu'elle contenoit s'est embrasé jusqu'à se fondre ; l'action du feu, qui n'a eu qu'une petite durée, en a pourtant eu assez pour pénétrer & ébranler jusques dans ses moindres parties une piece très-mince, qu'elle attaquoit en même temps de toutes parts. Mais à l'égard du petit creuset de bois, elle n'a eu le temps que d'agir sur sa superficie intérieure, qu'elle a brûlée ; ou si elle a pénétré dans son épaisseur, une trop grande porosité lui a laissé le passage si libre qu'elle s'est dissipée, sans animer les parties de son espece qui pouvoient y être, au point de causer l'embrasement total.

APPLICATIONS.

LES Arts ont bien profité de cette action du feu, qui fait passer diverses matieres de l'état de solidité à celui de liquidité. Il n'est presque pas de métier qui ne s'en aide, ou qui n'en fasse son principal objet : le Menuisier, le Sculpteur, le Luthier, l'Ebéniste, & tant d'autres, font un usage continuel

de la colle-forte, qui n'eſt autre choſe que de la corne préparée pour ſe fondre aiſément dans l'eau chaude, & ſe durcir enſuite : tant qu'elle eſt liquide, elle s'étend ſur le bois, elle ſe moule dans ſes pores, & en s'y durciſſant, elle devient un lien commun entre deux ſurfaces appliquées l'une contre l'autre. Il en eſt preſque de même des ſoudures employées par le Ferblantier, le Plombier, le Chaudronnier, l'Orfevre, &c. Ce ſont des alliages qui coulent à un degré de feu au-deſſous de celui qu'il faudroit pour fondre les pieces de métal qu'on veut joindre, & qui, lorſqu'ils ſe refroidiſſent, prennent une dureté & une conſiſtance égale, ou à peu près, à celle de ces mêmes pieces. Ceux qui fabriquent la chandelle, la bougie, la cire à cacheter, &c. ne ſont preſque occupés qu'à fondre & à refondre ces matieres pour les façonner; enfin c'eſt par la fuſion des matieres les plus dures qu'on eſt parvenu à faire le verre, matiere peut-être plus eſtimable que l'or, ſi l'on veut l'apprécier par les commodités qu'elle nous procure, & par les effets merveilleux dont elle embellit le monde.

XIV. LEÇON.

Mais de tout ce qui ſe peut fondre & ſe durcir enſuite, je ne vois rien de comparable aux métaux, par rapport à la multiplicité & à l'importance des uſages qu'on en fait; depuis qu'ils ſont tirés du ſein de la terre juſqu'au moment où ils y rentrent par la diſperſion de leurs parties, preſque toutes les formes qu'on leur fait prendre, ils les doivent au feu qui les liquéfie dans le creuſet, pour être coulés dans des moules, ou qui les amollit à la forge, pour les rendre flexibles ſous le marteau.

Le fer fondu preſqu'en ſortant de la miniere, devient marmites, chaudieres, canons, tuyaux, aqueducs, plaques de cheminées, vaſes de jardins, &c. & que ne deviendroit-il pas ſi celui qui en fait commerce, ſavoit profiter de tout ce que M. de Reaumur a expérimenté & écrit * ſur la maniere de traiter ce métal, & de le mettre en œuvre ? Le fer doux & celui que l'on a converti en acier, ne deviennent plus aſſez liquides pour être coulés, mais ils ſont encore ſuſceptibles d'une demi-fuſion, c'eſt-à-dire, qu'ils s'amolliſſent; & entre les mains du

* *L'art de convertir le fer en acier, &c.*

du Serrurier, du Taillandier, du Coutelier, du Fourbiſſeur, de l'Arquebuſier, du Maréchal, &c. ils reçoivent une infinité de façons, par leſquelles ils rendent nos bâtiments & nos voitures ſolides, ſûres, agréables & commodes; ils nous procurent des armes pour notre défenſe & pour nos plaiſirs; & ils fourniſſent des inſtruments & des outils pour tous les Arts. XIV. LEÇON.

L'Orfevre, le Bijoutier, le Fabriquant d'Etoffes, miniſtres du luxe & de la mode, remettent ſouvent le même or & le même argent au creuſet, pour changer les contours de la vaiſſelle, pour donner de nouvelles formes aux boîtes, aux étuis, &c. & pour enchérir ſur les deſſeins & les ornements de l'année précédente: ſans cette facilité de fondre & de refondre, le goût de la nouveauté auquel on s'abandonne ſi volontiers, auroit bien moins de reſſource, & l'induſtrie n'auroit pas autant de moyens de s'exercer & de ſe perfectionner.

Que ne fait-on pas avec le cuivre fondu, ſur-tout avec celui qu'on a rendu jaune, en le mêlant avec la calamine: eſt-il préſentement un meu-

ble qui n'en ſoit décoré ? La dorure qu'il reçoit aiſément, & qu'il fait ſi bien valoir, n'a pas peu contribué au grand uſage qu'on en fait aujourd'hui : mais ce qui a fait de tout temps le grand mérite de la fuſibilité du cuivre, c'eſt qu'on ait pu & qu'on ait dû choiſir ce métal, préférablement à tous les autres, pour former ces monuments qui tranſmettent à la poſtérité les événements mémorables, les portraits des hommes illuſtres, & les productions des grands Maîtres. Les Princes & les curieux poſſedent encore aujourd'hui grand nombre de bas-reliefs & de figures d'airain, qui inſtruiſent les Savants, & qui forment le goût de nos Artiſtes ; que ſeroient devenus tous ces précieux reſtes de l'antiquité, ſi le métal dont ils ſont faits, eût été auſſi cher que l'or ou l'argent, auſſi ſujet à la rouille que le fer, auſſi tendre que le plomb & l'étain ? L'injure des temps, ou la cupidité des hommes, ne leur euſſent jamais permis de paſſer juſqu'à nous.

L'étain d'abord mouillé, & enſuite plané à coups de marteau, fait une vaiſſelle beaucoup moins précieuſe

que celle d'argent, & qui n'a point la fragilité de la faïance ou de la terre cuite; par ces deux raisons elle convient, on ne peut pas mieux, dans les cuisines des grandes Maisons, dans les Hôpitaux, dans les Communautés religieuses, & généralement partout où il y a grand nombre de gens à nourrir, & peu de magnificence à observer dans le service.

L'étain fondu s'attache au fer, moyennant quelque préparation; c'est par cette union que l'on fabrique ces feuilles minces qu'on nomme *Fer-blanc*, dont on fait tant de jolis ouvrages, & à si bon marché; le fer enduit d'étain ne se rouille pas, voilà pourquoi l'Eperonnier s'en sert pour blanchir les mords des brides; & dans plusieurs endroits on est dans l'usage d'étamer aussi toutes les serrures qui servent aux portes & aux fenêtres des appartements.

Sans un pareil enduit d'étain fondu, que l'on met au-dedans des marmites, casseroles, & autres ustensiles de cuisine, qui sont faites de cuivre rouge, on risqueroit perpétuellement d'être empoisonné par le vert-de-gris,

XIV. LEÇON.

qui eſt la rouille de ce métal; malgré l'uſage où l'on eſt d'étamer la batterie de cuiſine, il arrive encore bien des accidents par la négligence des domeſtiques qui ne connoiſſent point aſſez le danger d'un étamage uſé ou mal fait, & qui provoquent le vert-de-gris, en laiſſant ſéjourner dans ces vaiſſeaux, des matieres ſalées & des jus aigres.

Pour combien d'uſages ne fait-on par fondre le plomb ? Coulé en *Tables*, il devient propre à couvrir les faîtes des bâtiments, à former des gouttieres, à revêtir intérieurement des baſſins, ou tout ce qui doit recevoir, garder, ou conduire les eaux. Employé chaud, & lorſqu'il eſt liquide, il ſert à ſceller dans la pierre des pieces de fer, qui doivent ſervir de liens, ou tout autre ouvrage de ſerrurerie qui a beſoin d'être fixé ſolidement. Fondu & moulé en globules, il eſt plus propre qu'aucune autre matiere à conſerver la vîteſſe qu'il reçoit de la poudre qui s'enflamme dans une arme à feu; avec cet avantage qu'il tient de ſon poids, il a encore celui de n'être pas bien cher, ce qui met

le plaiſir & le profit de la chaſſe à la portée d'un plus grand nombre de perſonnes.

Comme il faut plus de chaleur pour faire couler la cire, que pour fondre du beurre ou du ſuif, auſſi chaque métal ne devient-il liquide que par le degré de feu qui lui convient : le fer eſt le plus difficile à faire couler ; le cuivre ſe fond avec moins de feu, mais il lui en faut davantage qu'à l'argent & à l'or : le plomb cede à une chaleur bien plus foible, & l'étain encore plus aiſément fuſible, ne ſoutient pas celle qu'on peut faire prendre à des matieres graſſes ; c'eſt pourquoi les vaiſſeaux faits ou enduits de ce métal ſe gâtent, ou périſſent bientôt entre les mains d'une cuiſiniere qui s'en ſert pour faire rouſſir du beurre, du lard, de la graiſſe, &c.

Le feu met en fuſion les alliages plutôt que les métaux ſimples, dont ils ſont compoſés ; le ſou neuf de notre expérience, par exemple, ſe fondroit dans un degré de feu qui ne feroit pas couler ſéparément l'argent ni le cuivre dont il eſt fait. Cela ne doit pourtant pas ſe prendre pour une re-

XIV. Leçon.

gle générale : car le métal blanc, dont on fait les miroirs de Télescope, & tous ceux qui servent aux expériences de Catoptrique ; ce métal, dis-je, qui est composé de cuivre rouge, d'étain & d'arsenic, ou d'antimoine, ne se fond pas aussi aisément que l'étain pur. Il en est de même du métal des timbres ; celui des canons & des cloches résiste à un degré de feu qui n'est pas fort éloigné de celui qu'il faut pour fondre le cuivre, & qui l'emporte de beaucoup sur la chaleur qui fait couler l'étain ; ces différences dépendent apparemment des proportions que l'on met entre les métaux qui composent l'alliage ; le degré de fusibilité tient davantage de celui qu'on y fait entrer en plus grande quantité.

En expliquant les effets de la derniere expérience, j'ai observé que la piece de monnoie devoit sa prompte fusion à l'embrasement du nitre & du soufre dans lesquels elle se trouve plongée ; ce fait bien entendu peut servir à rendre raison d'une pratique qui est fort commune dans tous les Arts où l'on fait usage des soudures fortes : comme il est essentiel que les

pieces qu'on veut ſouder, ne ſoient pas fondues par le degré de feu qu'elles ont à ſouffrir, les ouvriers emploient deux ſortes de moyens pour prévenir cet accident ; 1° ils compoſent leurs ſoudures avec tels métaux & alliés dans telles proportions qu'elles puiſſent couler à un degré de chaleur moindre que celui qu'il faudroit pour fondre les métaux ſimples qu'ils ont à ſouder ; 2° ils mêlent les pailletes, ou grains de ſoudure, avec quelque matiere ſaline qui en prépare & en accélere la fuſion en ſe fondant elle-même ; c'eſt ordinairement du borax pulvériſé qu'on emploie à cet effet ; & moyennant ces deux précautions, les deux ſurfaces qui doivent s'attacher, ne font que chauffer, & ſe dilater autant qu'il le faut, pour être enduites, & légérement pénétrées par l'alliage fondu, qui ſe trouve & qui coule entr'elles.

V. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

UN ſupport fait en forme de potence, comme le repréſente la *Fig.* 17,

XIV. LEÇON.

tient ſuſpendu par deux ficelles un vaſe cylindrique de verre très-mince, dans lequel on a mis une chopine d'eau bien claire. On y plonge un petit matras de verre auſſi bien mince ; & afin qu'il ne touche pas le fond, on enfile un peu à force ſur le col une rondelle de liege, qu'on fait enſuite repoſer ſur les bords du vaſe cylindrique, de ſorte que la boule de ce matras plongé, eſt environnée de toutes parts à peu près d'un pouce d'eau.

A la diſtance d'un pied au-deſſous du vaſe ſuſpendu, on établit un réchaud plein de charbons bien allumés, & qui ne faſſent aucune flamme ; & la tige du ſupport, qui eſt de deux pieces, dont l'une entre dans l'autre autant qu'on le veut, donne la facilité de faire deſcendre le vaſe vers le feu, & de l'en approcher de plus en plus, à meſure qu'il s'échauffe.

Tout étant ainſi diſpoſé, voici ce qu'on obſerve, en ſe plaçant de maniere que le vaſe ſuſpendu ſe trouve entre la lumiere & l'œil.

EFFETS.

1° Lorſque l'eau a reçu 35 ou 40 degrés

degrés de chaleur, la ſurface intérieure du vaſe cylindrique, ſur-tout celle du fond, & la ſurface extérieure du matras, ſe couvrent d'un grand nombre de petites bulles qui paroiſſent être de l'air; ces bulles groſſiſſent à meſure que l'eau s'échauffe davantage, & quand elles ont acquis un certain volume, elles ſe détachent, & elles montent à la ſuperficie de l'eau.

2° A 60 ou 70 degrés de chaleur, on voit s'élever du fond du vaſe cylindrique, une petite vapeur extrêmement fine, & qu'on n'apperçoit qu'avec beaucoup d'attention, & en prenant la lumiere un peu obliquement: cette vapeur reſſemble tout-à fait à celle qu'on remarque autour des poëles; & lorſqu'elle a quitté le fond du vaſe d'où elle s'éleve, on la voit ſe diviſer, s'étendre, & ſe répandre dans toute la maſſe de l'eau qui perd ſa premiere limpidité & devient un peu louche.

3° Quand la chaleur de l'eau eſt de 80 degrés, ou à peu près, toute la maſſe eſt remplie de bulles imperceptibles, qui en troublent la tranſparence, & qui s'élevent rapidement en ligne droite, depuis le fond du vaſe

jufqu'à la fuperficie de la liqueur qu'il contient.

4° Le feu n'étant plus qu'à un pouce de diftance, le fond du vafe femble s'entr'ouvrir par plufieurs petits trous qu'on ne voit cependant pas, mais d'où l'on croit voir fortir une matiere tranfparente, qui fe divife en plufieurs jets, qui s'élance comme la flamme avec une extrême rapidité, alors l'eau fe fouleve de toutes parts, & il s'y forme de groffes bulles tranfparentes, qui vont crever à la fuperficie.

5° Rien de tout cela ne paroît dans l'eau du matras, elle ne parvient que fort lentement à un degré de chaleur, qui eft toujours un peu moindre que celui de l'eau bouillante; & elle ne bout jamais, quoique celle qui l'entoure continue de bouillir pendant plus d'une heure.

VI. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

JE choifis un verre de thermometre, dont la boule ait environ un pouce de diametre & le tuyau un pied de longueur : je remplis les deux tiers de

la boule avec du mercure, & je noue au bout du tube que je laiſſe ouvert, la moitié d'une veſſie de carpe, comme on le peut voir par la *Fig.* 18; je plonge enſuite la boule de cet inſtrument dans un bain de ſable que je chauffe peu à peu, juſqu'à ce qu'il ſoit capable de fondre de petites lames de plomb que j'y enfonce de temps en temps; alors je la retire du ſable, & je la tranſporte ſur des charbons ardents, dont je la tiens éloignée ſeulement d'un demi-pouce; quand elle a été chauffée de la ſorte pendant quelques inſtants, & que l'on continue de la tenir au même feu, on remarque ce qui ſuit.

E F F E T S.

1° A certains points du fond de la boule de verre, & préciſément aux endroits qui ſont le plus expoſés au feu, on voit le mercure ſe ſoulever, comme s'il étoit pouſſé par des jets continuels & redoublés d'une matiere tranſparente ſans couleur; & tant que cet effet dure, toute la maſſe bouillonne. 2° La petite veſſie qui eſt nouée au bout du tube, paroît un peu

XIV. LEÇON.

gonflée pendant tout le temps que le mercure bout ainsi; 3° mais elle se désenfle, & revient à peu près à son premier état, quand tout est refroidi.

EXPLICATIONS.

LE bouillonnement des liqueurs, & sur-tout celui de l'eau que l'on fait chauffer, est un de ces phénomenes que l'on est tellement accoutumé de voir, qu'il faut être un peu Philosophe pour oser croire qu'il mérite la peine qu'on s'y arrête ; le commun des hommes ne demande raison que des faits qui lui paroissent extraordinaires; or rien ne l'est moins que celui dont il s'agit ; sa cause même n'est ignorée de personne, on sait que c'est le feu qui fait bouillir ; mais il y a quelque difficulté à dire comment le feu opere ce soulevement, lorsqu'entre le liquide & lui il y a l'épaisseur d'un vaisseau dont la matiere est communément plus dense que celle qu'il contient : est-ce le feu que j'apperçois en globules au milieu de la liqueur bouillante, & qui en interrompt la continuité ; ou bien est-ce un autre fluide, qui se développe du sein même de cette

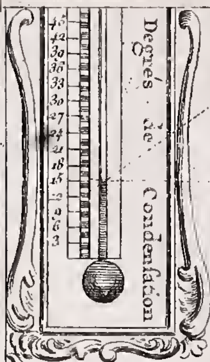


Fig. 15.

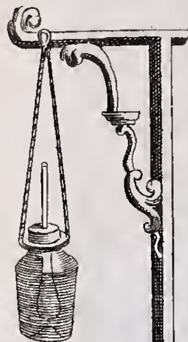


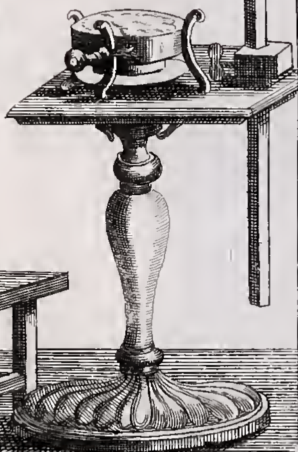
Fig. 17.



Fig. 18.



Fig. 16.



liqueur, ou que l'action du feu fait passer du dehors au dedans par les pores dilatés du vaisseau ? Voilà des questions qui se présentent assez naturellement, & sur lesquelles je vais dire ma pensée, en prenant pour guide ce qui paroît être indiqué par les deux expériences précédentes.

Un corps embrasé lance des rayons de feu de toutes parts ; il devient comme le centre d'une sphere d'activité, qui a plus ou moins d'intensité & d'étendue, selon la nature & la quantité de la matiere qui brûle. Ainsi le fond du vase cylindrique de la cinquieme Expérience, suspendu au-dessus des charbons ardents, est exposé à des rayons de feu qui le pénetrent lui & la masse d'eau dont il est chargé ; delà naît un degré de chaleur très-sensible dans l'un & dans l'autre.

Cette premiere action du feu dilate & fait paroître sous un volume sensible toutes les petites lames d'air qui étoient restées adhérentes aux surfaces, tant du vase que du matras ; & lorsqu'en s'agrandissant de plus en plus par l'augmentation de la chaleur, ces bulles ont acquis une légé-

XIV. LEÇON.

reté reſpective, qui peut l'emporter ſur la force qui les retient contre le verre, elles s'en détachent & gagnent la ſuperficie de l'eau.

Les pores du verre & ceux de l'eau dilatés par 60 ou 70 degrés de chaleur, reçoivent & tranſmettent des rayons de feu d'un plus gros volume ; & c'eſt apparemment ce qui forme cette eſpece de vapeur, qu'on voit s'élever du fond même du vaiſſeau, & qui s'apperçoit peut-être moins par elle-même, ou par ſon ombre, que par quelque modification qu'elle cauſe à la lumiere dans un milieu, dont elle altere l'homogénéité, & par conſéquent la tranſparence : c'eſt à peu près ainſi que l'eſprit-de-vin le plus pur, quand on le mêle avec de l'eau bien claire, s'y fait voir pendant quelques inſtants, comme une vapeur diviſée par filets, & la rend un peu louche.

Lorſqu'une chaleur plus forte, ou continuée plus long-temps, a dilaté le verre & l'eau encore davantage & d'une maniere plus complete, il eſt naturel de penſer que le feu ſe criblant, pour ainſi dire, en plus grande quantité, & en plus groſſes parties à

travers le fond du vaſe, dont les pores ſont conſidérablement agrandis, ſe trouve en état d'écarter l'eau, & de remplir un eſpace ſenſible : cet eſpace rempli par une matiere très-fluide, qui n'a point de couleur, & qui eſt beaucoup plus légere que l'eau, doit avoir toutes les apparences d'une bulle d'air, & repréſenter les mêmes effets qu'elle ; c'eſt-à-dire, que s'il part du fond du vaſe un grand nombre de pareilles bulles, extrêmement petites, leur légéreté reſpective, aidée par l'impulſion des rayons de feu, dont elles ſont partie, les éleve rapidement à travers la maſſe de l'eau, qu'elles rendent trouble, & dont elles augmentent un peu le volume.

La tranſparence diminue, parce que ces petites bulles d'une matiere extrêmement rare compoſent avec l'eau un milieu, dont la denſité n'eſt plus uniforme à beaucoup près ; & nous ferons voir ailleurs qu'en pareil cas la lumiere ne ſe tranſmet point auſſi facilement, ni d'une maniere auſſi complete, que lorſqu'elle a à pénétrer des corps diaphanes dont les parties ſont homogenes.

XIV. LEÇON. L'augmentation du volume de l'eau est une eſpece de ſoulevement cauſé par ces bulles de matiere étrangere aſſez petites encore pour ſe faire jour, & paſſer aiſément dans la maſſe, mais trop groſſes pour ſe loger dans les pores, qui d'ailleurs doivent être cenſés pleins d'une pareille matiere. Si ces mêmes bulles ſe ſuivent encore de plus près, qu'elles forment des jets continuels, & qu'elles entrent plus groſſes par certains pores du verre, comme on le voit réellement, dès que la chaleur eſt parvenue à un degré convenable; on conçoit bien que les ſoulevements de la liqueur doivent être plus fréquents, plus grands, & que la tranſparence ne peut être alors que très-imparfaite; & en effet voilà l'état d'une maſſe d'eau que l'on fait bouillir.

J'ai dit plus haut, que ces eſpaces tranſparents qui interrompent la maſſe du liquide, & qui font le bouillonnement, avoient toute l'apparence de bulles d'air; j'ajoute ici qu'elles n'en ont pas la réalité: une liqueur que l'on tient au feu, bout juſqu'à la derniere goutte, juſqu'à ce qu'elle ſoit entiérement évaporée; eſt-il probable

qu'elle renferme aſſez d'air pour fournir à toutes ces ampoules qu'on voit naître & s'enfler pendant tout le temps de ſon ébullition ?

En vain me diroit-on qu'une très-petite quantité d'air extrêmement dilaté peut ſuffire à cet effet : l'expérience nous apprend que ce fluide ſous le poids de l'athmoſphere ne ſe dilate que d'un tiers de ſon volume par la chaleur de l'eau bouillante. S'il étoit poſſible de meſurer toutes les bulles qui viennent ſe diſſiper à la ſuperficie d'une pinte d'eau que l'on fait bouillir juſqu'à ſiccité, & qu'on les additionnât pour en avoir le volume total, quand bien même on rabattroit un tiers de la ſomme, on ſe perſuadera ſans peine que le reſte repréſenteroit encore une quantité beaucoup au-deſſus de celle de l'air qu'on peut raiſonnablement attribuer à l'eau. (*a*)

La ſixieme Expérience, en nous montrant que les liquides mêmes les

(*a*) Par les Expériences de M. Halles, il paroît que l'air contenu dans l'eau, égale à peine la cinquante-quatrieme partie du volume, *Stat. des Veget. ch. 6, p. 156.* & par les miennes, il m'a paru qu'on pouvoit l'évaluer à $\frac{1}{10}$ *Mem. de l'Acad. des Sc.* 1743. *p.* 215.

XIV. LEÇON.

plus pesants sont susceptibles d'ébullition, nous fait voir aussi que ce qui les met en cet état, n'est point de l'air qui se dégage de leur intérieur : outre que l'œil peut suivre ces bulles transparentes depuis le fond du vase où l'on voit qu'elles prennent naissance, jusqu'à la superficie de la liqueur où elles se dissipent, il est évident qu'elles ne sont formées par aucun fluide capable, comme l'air, de remplir une vessie ; puisque celle de carpe qui est liée au bout du tube, ne paroît point du tout gonflée après l'opération, & qu'elle ne l'est même dans le temps qu'on chauffe l'instrument, qu'autant qu'il convient qu'elle le soit par la dilatation du peu d'air contenu au-dessus du mercure dans la boule & dans le tube.

M. Muschenbroek a si bien senti la difficulté, ou plutôt l'impossibilité d'expliquer l'ébullition des liqueurs par la dilatation de l'air qu'elles renferment, qu'il a pris le parti d'attribuer cet effet à *un fluide élastique*, qui est répandu dans l'athmosphere terrestre, & qui passe delà dans tous les autres corps, mais qui n'est point de l'air (grossier,) quoi-

qu'il lui ressemble, dit-il, à bien des égards.* Je n'ai garde de contester l'existence de ce fluide, qui nous est indiqué par tant de manieres différentes, & que j'ai admis moi-même sous le nom d'air subtil.* Mais s'il faut autre chose pour faire bouillonner une liqueur, que la matiere du feu qu'on voit assez clairement passer par les pores du vaisseau; comme je vois une infinité de bouillons partir du même point de la surface solide, & que ces bouillons naissent toujours par l'endroit le plus exposé au feu, je ne puis sans peine les attribuer à des portions de ce fluide élastique, qu'on suppose répandu dans la masse, & qui n'attend, pour se dilater, qu'un certain degré de chaleur.

*Essai de Phys. t. 1. pag. 436.

*Tom. 2. p. 457 & suiv.

J'aimerois mieux croire que le vaisseau recevant par l'endroit qui touche le feu, plus de chaleur que n'en peut soutenir de l'eau, par exemple, tant qu'elle est en état de liqueur, la premiere couche, qui est appliquée à cette partie trop chaude du vase, se convertit en vapeur, & que plusieurs portions semblables de vapeur dilatée par l'abondance du feu qui pénetre le vase,

XIV. LEÇON.

ſoulevent bruſquement la maſſe qui les environne de toutes parts, & gagnent par leur légéreté la ſuperficie où elles ſe diſſipent : quand il tombe une goutte d'eau ſur un fer chaud, dans l'eſpace de quelques inſtants fort courts, elle eſt évaporée ; mais avant que de l'être, elle forme pluſieurs petits bouillons qui crevent dans le moment même qu'ils paroiſſent : creveroient-ils de même, s'ils étoient appuyés par une maſſe fluide plus denſe que l'air & preſque auſſi chaude qu'eux-mêmes ? Je ne le crois pas, j'imagine plutôt que cédant au feu qui les pouſſeroit, & qui les auroit enflées, ces petites bouffées de vapeur s'enfonceroient dans le liquide, dont elles ſeroient couvertes, qu'elles en feroient voir la continuité interrompue, & qu'étant beaucoup plus légeres que lui, elles iroient promptement ſe diſſiper à ſa ſuperficie. Or la partie d'un vaiſſeau la plus expoſée au feu, peut être comparée au fer chaud dont je parle, & la couche de liqueur qui s'y trouve appliquée à chaque inſtant, peut éprouver le même ſort que la goutte d'eau qui s'évapore.

Si l'on ne voit pas bouillir l'eau du petit matras plongé dans le vase cylindrique de la cinquieme Expérience, c'est apparemment parce que les rayons de feu divisés & amortis, pour ainsi dire, en traversant l'eau, qui est entre le fond du vaisseau & le matras, ne font que transpirer à travers l'épaisseur de celui-ci, & n'ont pas la force de soulever & de faire bouillonner la portion d'eau qu'il contient. Ajoutez à cette raison, que ce petit vaisseau plongé ne pouvant jamais recevoir que le degré de chaleur de l'eau bouillante, n'a pas tout-à-fait celui qu'il faut pour convertir en vapeur dilatée aucune partie de celle qu'il renferme, comme il est très-probable que cela arrive à l'égard du vase cylindrique exposé immédiatement au feu.

On m'objectera peut-être que si le matras plongé dans l'eau bouillante contenoit, au lieu d'eau, de l'esprit-de-vin, cette derniere liqueur ne manqueroit pas de bouillir : ce qui semble prouver que les rayons de feu, en traversant l'eau qui bout, ne s'amortissent pas, comme je le suppose, puisqu'ils pénetrent encore le second vais-

XIV. LEÇON.

ſeau avec toute la force qu'il faut pour exciter l'ébullition.

L'ébullition de l'eſprit-de-vin, oui : mais non celle de l'eau ; à moins que cette eau, par quelque cauſe que ce puiſſe être, ne ſoit plus facile à ſoulever & à convertir en vapeur, que celle dans laquelle elle eſt plongée.

On a dû voir par les deux dernieres Expériences, que toutes les liqueurs ne bouillent point au même degré de chaleur. Comme il en faut moins pour l'eau que pour le mercure, auſſi en faut-il moins pour l'eſprit-de-vin que pour l'eau ; ainſi la chaleur de l'eau qui bout, quoiqu'un peu moindre que celle qui enfle ſes bouillons, peut ſuffire pour faire naître dans une liqueur plus légere, ou plus évaporable, de ces petites bouffées de vapeur qui ſoulevent la maſſe, & qui font ce qu'on nomme bouillonnement. Dans une expérience de la douzieme Leçon l'on a vu bouillir de l'eau par la chaleur d'un bain d'eau non-bouillante : c'eſt que ce degré de chaleur, trop foible pour exciter des bouillons dans une maſſe d'eau chargée du poids de l'athmoſphere, ſuffiſoit pour en faire naître dans une

autre masse, de pareille eau, sur laquelle la pression de l'air étoit nulle, ou à peu près. XIV. LEÇON.

Je ne dissimulerai pas cependant, qu'en répétant cette expérience, j'ai souvent remarqué que les bouillonnements recommençoient à chaque coup de piston, quoique le vaisseau qui contenoit l'eau, cessât d'être plongé dans son bain.

Il n'est guere possible d'attribuer ce dernier effet aux rayons de feu qui pénetrent le vaisseau du dehors au-dedans, & qui soulevent les liqueurs : mais pourvu que cette liqueur soit soulevée par un fluide transparent & sans couleur, qui cause des interruptions dans le volume, & qui s'éleve précipitamment à la superficie, il n'importe quel soit ce fluide, la liqueur bouillira, ou paroîtra bouillir ; or je sais, à n'en pouvoir douter, que quand je fais le vuide dans un vaisseau il y rentre, à chaque coup de piston, une matiere subtile que je crois être de la nature de l'air ; je lui vois soulever dans une infinité d'endroits la couche d'eau que je laisse exprès sur la platine de la machine pneumatique, & je pré-

ſume delà, que dans le cas dont il s'agit, cette même matiere paſſe en plus grande abondance & plus rapidement à travers les pores du matras qui contient l'eau, d'autant plus que ces pores ſont dilatés par la chaleur du bain; en paſſant ainſi, elle ſupplée aux rayons de feu qui ne ſubſiſtent plus.

APPLICATIONS.

DE tout ce qui vient d'être dit, on peut tirer trois conſéquences. 1° Que l'ébullition eſt le dernier terme de la liquidité : c'eſt-à-dire, qu'un corps fuſible ſe liquéfie par degrés juſqu'à ce qu'il bouille, puiſqu'il ne parvient à cet état qu'autant que la matiere du feu le pénetre, & le diviſe de plus en plus.

2° Que les matieres fondues ou liquéfiées par l'action du feu, continuent de s'échauffer juſqu'à ce qu'elles bouillent, & qu'au-delà de ce terme leur chaleur n'augmente plus.

3° Que l'ébullition n'eſt pas toujours l'effet du feu, mais en général celui d'un fluide quelconque, qui s'inſinue & ſe pelotonne, pour ainſi dire, dans une liqueur, qui la ſouleve bruſquement,

quement, & qui en fait voir la continuité interrompue. XIV. Leçon.

La cire, la graiſſe des animaux, les gommes, les réſines amollies par un feu lent, nous laiſſent appercevoir pluſieurs degrés de liquidité par leſquels elles paſſent avant que d'arriver au dernier ; & dans chaque art où l'on emploie ces matieres, l'ouvrier eſt attentif à ſaiſir celui qui convient le mieux à ſes vues : le Chandelier, par exemple, ſe garde bien de plonger ſes méches dans du ſuif trop chaud ; celui qui fabrique les cierges, ne verſe ſur les ſiennes que de la cire à peine fondue ; & avec ces attentions l'un & l'autre viennent à bout d'appliquer en peu de temps couche ſur couche, ce qui ne ſe feroit pas ſi la matiere étoit trop liquide. On doit chauffer avec ménagement les maſtics qui ſont compoſés de cire, de poix, de réſine, &c. mêlées avec quelque poudre peſante, comme la cendre, ou le ciment ; parce que, quand on pouſſe la fuſion trop loin, la partie graſſe devient ſi liquide que la matiere peſante qu'on y a mêlée, pour donner de la dureté & de la conſiſtance, s'en

XIV. LEÇON.

sépare, & tombe au fond du vaisseau.

Le beurre & les graisses que l'on fait fondre dans les cuisines, bouillent ordinairement assez vîte, & avec beaucoup de bruit, parce que ces matieres se trouvent presque toujours mêlées avec des parties d'eau, ou avec quelques jus d'herbes; dès qu'elles ont atteint un certain degré de chaleur, (qui ne les feroit pas bouillir cependant, si elles étoient pures) l'humidité qu'elles couvrent, ou qu'elles renferment, se convertit en vapeur dilatée, & forme une infinité de vésicules qui crevent avec éclat.

Il y a des matieres qui passent tout d'un coup de la consistance de solide, à une liquidité qui paroît aussi complete qu'elle puisse l'être, quoiqu'il y ait encore loin de cet état à l'ébullition : telle est l'eau, par exemple, qui dans le moment qu'elle cesse d'être de la glace, est sensiblement aussi fluide qu'elle paroît l'être quand elle commence à bouillir : ces deux termes comprennent cependant 80 degrés entr'eux; telles sont aussi la plupart des métaux qui coulent aussi-bien dans les premiers instants de leur fusion, qu'a-

près avoir souffert un plus grand feu. Il est probable néanmoins que ces matieres, comme toutes les autres, se liquéfient de plus en plus jusqu'à un certain point; que leurs molécules se divisent & se subdivisent à mesure que le feu les pénetre; mais apparemment que leurs parties, lorsqu'elles commencent à se désunir, sont déja si petites que chacune d'elles échappe à nos sens; au lieu que dans la cire, dans les résines, dans les gommes, &c. que l'on fait fondre, la désunion se fait de loin en loin, & nous laisse appercevoir les portions de matiere qui changent de position respectivement les unes aux autres.

Il paroît qu'après l'ébullition commencée, la chaleur ne fait plus de progrès, non-seulement dans l'eau, comme nous l'avons déjà remarqué en plusieurs endroits, mais généralement dans tous les corps qui peuvent se liquéfier: ainsi quand on est parvenu à faire bouillir de l'huile, de la cire, du soufre, du mercure, &c. en les chauffant, on a fait prendre au liquide toute la chaleur dont il est susceptible, les circonstances restant les mêmes. On

XIV. LEÇON.

ne doit plus confondre à cet égard l'ébullition avec la ſimple liquéfaction, comme je vois qu'on a fait dans quelques ouvrages modernes, ni dire ſpécialement que les métaux ne s'échauffent plus après la fuſion : il n'y a point de Fondeur qui ne ſache le contraire, & qui ne ſe repente de temps en temps d'avoir coulé ſa matiere trop ou trop peu chaude : la beauté des miroirs qu'on fait ſervir aux téleſcopes, dépend moins de la compoſition du métal, (qui n'eſt plus un ſecret) que du degré de chaleur dans lequel il faut ſaiſir la matiere en fuſion, pour la jetter dans le moule : enfin quelle différence n'y a-t-il pas, par rapport au degré de chaud, entre l'eau qui ceſſe d'être de la glace & celle qui commence à bouillir ?

On ne voit pas communément que l'action du feu faſſe bouillonner les métaux fondus dans le creuſet : & ce n'eſt pas leur peſanteur ſeule qui met obſtacle à cet effet, comme on le pourroit croire, puiſque le mercure, qui ne le cede qu'à l'or pour le poids, bout autant que les autres liquides, lorſqu'il eſt chauffé ſuffiſamment. Mais s'il

eſt vrai, comme il y a toute apparence, que l'ébullition d'une liqueur chauffée ſoit cauſée par de petites portions de la maſſe que le feu convertit en vapeur, & qu'il dilate ſubitement en forme de groſſes bulles, il eſt tout ſimple que la ſeule action du feu ne cauſe dans le métal fondu aucun ſoulévement de cette eſpece; car on ſait que les métaux ne s'évaporent qu'en ſe décompoſant; & que ces altérations, quand elles arrivent, commencent par la ſuperficie : l'étain ſe calcine, le plomb devient litarge, le cuivre & le fer ſe couvrent de ſcories : tout cela ſe fait à la vérité par l'évaporation des ſoufres & des parties graſſes, mais la vapeur qui en réſulte ne part point du fond du vaiſſeau, comme il faudroit qu'elle en vînt pour ſoulever la maſſe & cauſer des bouillonnements.

Ce qui prouve bien que le métal en fuſion eſt auſſi propre à bouillir que tout autre liquide, pourvu que le feu, en le pénétrant, y trouve quelque matiere qui puiſſe devenir vapeur, & s'enfler, c'eſt qu'il n'y en a aucun qui ne bouille fortement, lorſqu'on y plon-

XIV. LEÇON.

ge un corps capable de s'y brûler & de fumer, un morceau de bois, par exemple, ou quand on le verſe dans un moule qui contient quelque humidité : ſi la vapeur eſt abondante, ou dilatée par un grand degré de chaleur, comme il peut arriver, quand c'eſt du cuivre ou du fer que l'on coule, ces bouillonnements ſont plus que ſenſibles, ils ſont dangereux, car ils peuvent faire jaillir au loin la matiere ardente qui les enveloppe.

L'ébullition d'un fluide qui s'échauffe n'eſt pas toujours cauſée par le feu qui paſſe du dehors au dedans ; c'eſt quelquefois par une chaleur inteſtine, par une fermentation, que certaines parties ſe dilatent ſubitement & plus fortement que les autres, qu'elles deviennent des globules de vapeur, & qu'elles s'enflent : alors la maſſe eſt ſoulevée & interrompue par des bouillons, comme ſi cet effet venoit du fond & des parois d'un vaiſſeau expoſé au feu ; c'eſt ainſi que le vin nouveau bout dans la cuve, c'eſt ainſi qu'on voit bouillir l'eau dans laquelle on fait éteindre de la chaux.

Enfin une matiere fondue par l'ac-

tion du feu, & qui bout pendant un certain temps, perd sensiblement de sa masse, ou s'évanouit totalement : c'est le dernier effet qui nous reste à examiner.

VII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

IL faut bien broyer & mêler ensemble trois gros de salpêtre fin, bien séché, deux gros de sel de tartre, & pareil poids de fleur de soufre ; le tout sera mis dans une cuiller de fer que l'on posera sur des charbons médiocrement allumés. *Voyez la Fig.* 19.

EFFETS.

A mesure que ce mêlange s'échauffe, on le voit se roussir, & ensuite se noircir par les bords ; il devient liquide, & il fume un peu ; on apperçoit quelques petites flammes bleues à la superficie, & un instant après il se dissipe subitement & totalement avec un bruit effroyable.

EXPLICATIONS.

LES changements de couleur, la vapeur, & la petite flamme qu'on ap-

XIV. LEÇON.

perçoit à la ſuperficie du mêlange, tandis qu'il continue de s'échauffer, viennent principalement du ſoufre qui ſe fond, & qui brûle plus aiſément que le ſalpêtre & le ſel de tartre. Le ſoufre fondu aide & accélere la fuſion des deux autres matieres, qui s'en iroient auſſi en vapeur & en flamme, à meſure qu'elles ſe fonderoient, ſi elles n'étoient pas plus fixes que lui. Mais comme elles ne doivent céder qu'à un degré de chaleur beaucoup plus grand, & que l'exploſion des parties de feu renfermées dans les corps, eſt toujours d'autant plus forte qu'elle a été retardée davantage, comme nous l'avons déjà obſervé, ces trois matieres fondues, intimement mêlées & chauffées au-delà de ce qu'elles peuvent l'être, ſans ſe diſſiper, s'enflamment & s'évaporent toutes à la fois, & avec une extrême violence ; l'air frappé ſubitement par un grand volume de flamme & de vapeur, retentit à proportion de la ſecouſſe qu'il reçoit.

Il y a bien de l'apparence que le ſel de tartre, qui entre dans la compoſition de cette poudre *fulminante*, eſt la principale cauſe de ſon impétueuſe inflammation:

flammation : étant plus fixe que les deux autres matieres auxquelles il se trouve uni, c'est lui probablement que retarde leur dissipation, & qui donne le temps aux parties de feu qu'elles renferment de se déployer toutes ensemble, & avec toute leur force. Ce qui rend cette conjecture très-probable, c'est que le fer & l'or deviennent aussi *fulminants*, lorsqu'ayant été dissous par l'eau régale, & précipités en poudre fine par une forte lessive de sel de tartre, on les expose au feu dans une cuiller, sur une pelle de fer, ou simplement sur le bout d'une lame de couteau.

Quand on fait ces sortes d'expériences, il faut se tenir un peu à l'écart, de peur que la vapeur enflammée, ou quelque partie de la matiere encore en grumeaux, ne jaillisse au visage, ou dans les yeux, ce qui seroit d'une dangereuse conséquence : on doit aussi prendre garde que le feu ne soit pas trop ardent ; car ce qui touche le fond de la cuiller se trouvant trop tôt fondu, & assez chaud pour partir, il n'y auroit que cette portion qui feroit effet, le reste seroit

XIV. LEÇON.

ſimplement chaſſé, ſans fulminer.

APPLICATIONS.

ON peut regarder comme une regle générale que toute matiere, de quelque nature qu'elle ſoit, peut faire des exploſions violentes & fulminer, ſi elle eſt capable de ſe convertir ſubitement & totalement en vapeur ou en flamme, ou bien ſi elle eſt contenue de maniere que ſes parties expoſées à l'action du feu, ne puiſſent céder que toutes enſemble : il m'eſt arrivé quelquefois de lâcher un peu trop tôt la vis qui retient le couvercle de la marmite de Papin, dont j'ai parlé dans la douzieme Leçon : * l'eau qui y étoit renfermée, & qui avoit encore aſſez de chaleur pour s'évaporer en totalité, eſt ſortie alors comme un ſouffle impétueux qui ne dura pas plus qu'un éclair, & qui eût ſans doute jetté fort loin le couvercle, s'il eût été entiérement libre. De pareils effets ont fait dire à d'habiles Phyſiciens que, par le moyen de la vapeur de l'eau fortement dilatée, on feroit ſauter les murs d'une ville, comme on le fait avec la poudre à canon, ſi cette dila-

* Tom. 4, P. 40.

tation pouvoit se faire aussi promptement, & avec autant de facilité que celle du soufre & du salpêtre. XIV. LEÇON.

Ces deux dernieres matieres mêlées, & long-temps broyées avec de l'eau & du charbon de bois, se réduisent en une espece de pâte, dont on forme des petits grains en les faisant passer par des especes de cribles : ces petits grains bien séchés sont ce qu'on appelle *poudre à tirer*, ou *poudre à canon* ; invention précieuse & utile, si nous n'en abusions pas, & qui feroit trop d'honneur à l'esprit humain, s'il y avoit été conduit, non par le hazard, comme il y a tout lieu de le penser, mais par des recherches raisonnées. L'Auteur, le lieu & le temps de cette belle découverte ne sont pas bien connus ; cependant on convient assez communément, que l'usage des armes à feu n'est pas plus ancien en Europe que le commencement, ou même le milieu du quatorzieme siecle (*a*).

La plupart des Physiciens qui ont parlé de l'explosion de la poudre, ont

(*a*) Quand les Européens ont commencé à commercer avec les Chinois, ils y ont trouvé l'usage de la poudre établi.

XIV. LEÇON.

attribué ce merveilleux effet uniquement à l'air qui s'y trouve comme incorporé par l'action des pilons, & à celui qui remplit les petits espaces que les grains rassemblés comprennent entr'eux. » Cet air, disent-ils, extrê» mement & subitement dilaté par » l'action du feu violent qui agit de » toutes parts sur lui, s'étend avec » une incroyable vîtesse, & chasse » devant lui tout ce qui lui fait ob» stacle. «

Ces raisons doivent entrer sans doute dans l'explication des effets de la poudre enflammée; & je n'ai garde de les contester; mais je ne les crois pas suffisantes, je pense qu'il faut y en ajouter quelqu'autre. Une charge de poudre qui s'enflamme, feroit-elle fondre du verre? C'est bien tout au plus; mais le degré de chaleur qu'il faut pour cela, ne peut dilater l'air que des deux tiers de son volume; celui qui sort d'une arquebuse à vent, & qui s'étend bien davantage, ne chasse pourtant point une balle de plomb, à beaucoup près, avec autant de force qu'en a cette même balle quand elle sort d'un fusil ordinaire.

Je sais bien que M. Bernoulli, cité par M. Varignon *, ayant mis le feu avec un verre ardent à quatre grains de poudre, renfermés dans un long tuyau de verre scellé par en-haut, ouvert & plongé par en-bas dans un vase plein d'eau, jugea par l'abaissement de l'eau dans le tuyau, que cette poudre brûlée avoit rendu un volume d'air égal à 200 de ces grains qu'il avoit enflammés; & je conviens que cette induction, s'il n'y a rien à en rabattre, donne beaucoup de force à l'opinion de ceux qui attribuent à l'air seul les grands effets de la poudre. Mais comment accorder cette expérience avec celles de M. Halles *, d'où il conclut avec toutes les apparences de vérité, que les matieres sulfureuses que l'on brûle *absorbent de l'air bien loin d'en engendrer*, pour me servir des expressions de ce célebre Auteur? N'est-on pas tenté de croire que dans le tube de M. Bernoulli, il reste après l'inflammation quelque vapeur qui augmente un peu le volume de l'air, avec lequel elle se mêle, & qui fait baisser la surface de l'eau?

* *Mém. de l'Ac. des Sc. 1696, t. 2, p. 274.*

* *St. des Vég. c. 6*

Quoi qu'il en soit, une des princi-

XIV. LEÇON.

pales causes des effets de la poudre ; à mon avis, c'est sa prompte conversion en vapeur, & la dilatation de cette même vapeur par l'embrasement; plus ce changement d'état est prompt & complet, plus l'explosion est forte : le mêlange que nous avons vu fulminer dans la derniere expérience, feroit probablement autant d'effort que la poudre, si dans le moment qu'il éclate il se trouvoit renfermé comme elle au fond d'un canon de métal ; & la poudre feroit en plein air autant de bruit que cette composition, si son inflammation étoit instantanée & générale comme la sienne : mais il est visible que les grains ne s'allument que successivement, & par-là leur effort est partagé. Dans une arme à feu, où la poudre est retenue entre la culasse & la bourre, il s'en allume davantage dans un temps fort court; aussi éclate-t-elle avec plus de force & avec plus de bruit. Comme il faut à la poudre un peu plus de temps pour sortir d'un long tuyau que d'un plus court, il s'en enflamme davantage, (toutes choses égales d'ailleurs) dans une piece de canon que

dans un mortier, dans un fusil que dans un pistolet; aussi la même mesure de poudre a-t-elle plus ou moins d'effet, tant pour la force que pour le bruit, selon la longueur de l'arme qui en est chargée.

Puisque l'inflammation de la poudre est plus complete, quand sa sortie est retardée, il est facile de comprendre pourquoi un coup de mousquet fait plus de bruit, & cause plus de recul, quand la charge a été excessivement bourrée, ou qu'une balle de calibre a été forcée dans le canon à coups de baguette; car il s'enflamme alors une plus grande quantité de poudre, ainsi l'explosion doit être plus grande; & comme l'effort de cette matiere enflammée se partage entre la bourre & la culasse, celle-ci doit en soutenir d'autant plus que l'autre cede moins promptement.

Il s'enflamme encore une plus grande quantité de poudre lorsque la lumiere du canon est percée, de façon qu'elle porte le feu à la partie antérieure de la charge; mais les armes alors ont trop de recul, & sont incommodes dans l'usage; on aime mieux

XIV. LEÇON.

que le coup ſoit un peu moins fort, & pour cet effet, on perce la lumiere des fuſils de chaſſe, à peu près au milieu de l'endroit où ſe loge la poudre.

Mais de quelque maniere que l'on charge une piece de canon ou un fuſil, il y a toujours une partie aſſez conſidérable de la poudre qui ne prend point feu, & qui eſt chaſſée dehors par celle qui s'enflamme : ce qui le prouve bien, c'eſt qu'on en ramaſſe par terre devant les batteries qui ont tiré un certain temps, & que les grains ſe retrouvent entiers dans la peau des perſonnes qui ont reçu de fort près des coups de feu dans le viſage. Cependant on auroit tort de conclure delà, qu'il ne peut s'enflammer qu'une certaine quantité de poudre dans une arme, & que ce qu'on y auroit mis de trop en ſortiroit ſans effet : cette conſéquence qui feroit très-dangereuſe dans la pratique, eſt ſouvent démentie par des fuſils qui crevent pour avoir été trop chargés ; & l'on eſt dans l'uſage d'éprouver les canons en y mettant double charge, ce qui ſuppoſe, comme il eſt vrai, que d'une plus grande quan-

tité de poudre il s'en enflamme davantage. Ce ſeroit auſſi une économie mal entendue, que de meſurer la poudre qui entre dans une piece d'artillerie, ſur l'eſtimation de la quantité qui s'enflamme ordinairement ; car jamais tout ne prend feu : d'où il ſuit que le coup ſera trop foible, ſi la charge ne contient que ce qu'il faudroit ſi elle s'enflammoit totalement.

VIII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Choiſiſſez une chandelle de ſuif de 7 à 8 lignes de diametre, & qui ait déjà été allumée. Meſurez-en la longueur, & après l'avoir allumée de nouveau, la meche étant mouchée, examinez-en la flamme dans un lieu où l'air ſoit bien tranquille pendant la nuit, ou les fenêtres de la chambre étant fermées, vous obſerverez ce qui ſuit.

EFFETS.

1° Le haut de la chandelle ſe creuſe un peu, & prend la forme d'un petit godet, dont la ſurface intérieure pa-

roît couverte d'une couche légere de ſuif fondu.

2° Du milieu de cette cavité s'éleve la meche où l'on diſtingue deux parties, dont une blanche, & une noire : l'une & l'autre ſont baignées de ſuif fondu, mais dans la derniere qui eſt la plus haute, on remarque plusieurs petits bouillonnements, ſurtout à l'extrêmité.

3° La partie noire de la meche eſt enveloppée d'une flamme qui s'éleve d'un pouce ou environ au-deſſus, & qui prend la forme d'une pyramide à peu près conique, dont la baſe ſeroit poſée ſur celle d'un hémiſphere.

4° Cet hémiſphere de flamme, qu'il faut conſidérer comme étant enfilé par la meche, a la couleur d'un bleu violet : la partie qui eſt immédiatement au-deſſus, eſt d'un blanc un peu roux, & celle qui la ſuit juſqu'à la pointe eſt très-claire & très-brillante.

5° Mais indépendamment de ces trois parties qu'on peut appeller le corps de la flamme, l'œil attentif apperçoit encore tout autour une petite vapeur enflammée, tantôt plus, tan-

tôt moins étendue, & qui ternit un peu le ſommet de la pyramide. XIV. LEÇON.

6° Quand la chandelle a brûlé ainſi pendant un quart d'heure, ou davantage, on trouve que ſa longueur eſt ſenſiblement diminuée. La partie noire de la meche devient plus longue, & la flamme moins lumineuſe.

EXPLICATIONS.

On me reprocheroit peut-être d'avoir traité ſavamment des minuties, ſi on ne vouloit conſidérer dans les faits dont je viens de faire mention, que le peu de néceſſité qu'il y a de les faire connoître, ou même le peu d'importance dont ils ſont en eux-mêmes; mais ces eſpeces de phénomenes, qui n'en ſont pas aux yeux du vulgaire accoutumé à les voir, méritent bien l'attention de ceux qui cherchent à ſe rendre raiſon de tous les effets naturels, rares ou communs, dont la cauſe eſt obſcure. Et ſi, pour entrer dans cet examen, je me ſuis fixé à l'exemple familier d'une chandelle qui brûle, la moindre réflexion fera voir qu'en expliquant l'inflammation & la diſſipation d'un peu de co-

XIV. LEÇON.

ton pénétré de ſuif, je mets mon Lecteur à portée d'entendre celle de toutes les matieres combuſtibles qui diſparoiſſent à nos yeux après avoir ſervi d'aliment au feu.

Lorſqu'on a mis le feu aux fils de coton qui ſervent de meche à la chandelle, la chaleur qui en réſulte fait fondre les premieres couches de ſuif & les convertit en une liqueur qui ſe porte, par deux raiſons, vers la flamme qui eſt au-deſſus; premiérement, parce que les fils de coton aſſemblés & un peu tors, font l'office de tuyaux capillaires ou d'éponge; ſecondement, l'air étant fort raréfié par le feu dans la partie ſupérieure de la meche, la preſſion de celui qui peſe au-deſſous peut bien faire monter ce qui s'y trouve de liquide.

L'extrêmité de la chandelle étant un cercle de matiere fuſible, & la chaleur qui regne dans la meche allumée étant plus près du centre que de la circonférence, il ſe fait une eſpece d'excavation, au fond de laquelle ſe raſſemble le ſuif à meſure qu'il ſe fond.

Du ſuif ſimplement fondu eſt en-

core bien loin du degré de chaleur qu'il lui faut pour bouillir & s'enflammer ; il ne peut l'acquérir que quand il eſt ſuffiſamment éloigné de la chandelle qui eſt froide : & voilà pourquoi il y a toujours une partie de la meche qui reſte blanche, qui ne s'allume pas, quoiqu'elle ſoit pleine de matiere combuſtible.

Le ſuif ayant acquis une chaleur ſuffiſante, bout enfin dans la partie ſupérieure de la meche ; & comme le bouillonnement des liqueurs touche de fort près à leur évaporation, cette matiere ſe convertit en vapeur, & ſe diſſipe : c'eſt pourquoi, après un certain temps, la chandelle paroît ſenſiblement diminuée & de poids & de longueur.

Quand des parties graſſes ſont ainſi diviſées & réduites en vapeur, il ne leur manque plus qu'un petit degré de feu pour s'enflammer, comme on le peut voir en approchant une chandelle allumée d'une autre chandelle qu'on vient d'éteindre, *Fig.* 20. Quant à l'inflammation qui continue de faire briller la vapeur, je crois qu'elle vient du feu qui ſe développe des parties

XIV. LEÇON.

mêmes de la matiere évaporée, & qui éclate avec d'autant plus de force qu'il a eu besoin d'être excité plus fortement pour en sortir.

Si tout ce qui compose une chandelle & sa meche étoit également combustible, & que toutes les parties qui s'exhalent en vapeurs fussent au degré de chaleur qu'il faut pour les embraser, la flamme seroit toute d'une même couleur, elle seroit également brillante dans toutes ses parties : mais les matieres les plus inflammables sont toujours mêlées de quelqu'autre substance qui ne l'est point, ou qui l'est moins. Le suif & la meche que l'on fait brûler, par exemple, outre la partie purement combustible, qui fournit une flamme brillante & pure, contiennent des particules aqueuses, & d'autres encore plus grossieres qui ne peuvent produire que de la fumée ou du charbon : delà viennent la noirceur de la meche & cette couleur rousse qu'on remarque à la pointe de la flamme, & un peu au-dessous du milieu. Ces fuliginosités peuvent encore légitimement s'attribuer aux parties grasses

mêmes qui surabondent dans la flamme, & qui n'y font que passer sans s'y allumer, soit parce qu'elles n'ont point acquis un degré suffisant de chaleur, soit parce qu'elles ne sont pas atténuées au point où elles doivent l'être pour prendre feu.

Quant à la couleur bleue ou violette que prend la flamme de la chandelle dans sa partie la plus basse, on peut l'attribuer au soufre qui se consume, soit que ce soufre se trouve naturellement dans le suif & dans le coton, soit qu'il s'y compose par l'union de quelque acide avec la partie grasse.

La flamme d'une chandelle est donc un fluide embrasé & lumineux, qui tend à s'étendre & à se dissiper; comme sa tendance n'est pas déterminée vers un point plutôt que vers l'autre, nous devons croire qu'il prendroit de lui-même une figure sphérique, ou à peu près, si des causes extérieures ne l'obligeoient à suivre une certaine direction, & ne changeoient l'arrangement naturel de ses parties. Cette vapeur ardente est plongée dans l'air, autre fluide plus pesant qu'elle; selon

XIV. LEÇON.
les loix de l'hydroſtatique elle doit ſe porter de bas en haut, comme elle fait, par ſa légéreté reſpective, de ſorte que ſi la vapeur embraſée & détachée de la meche n'étoit pas ſuivie ſans interruption par d'autres portions de vapeur ſemblables, on ne verroit qu'une petite flamme preſqu'arrondie de toutes parts, s'élever environ à la hauteur d'un pouce, & s'éteindre preſque auſſi-tôt. Mais comme l'écoulement & l'embraſement ſont continuels, on devroit voir la flamme ſous la forme d'un cylindre, terminé en haut par une convexité, & nous pouvons préſumer qu'elle auroit effectivement cette figure, & non celle d'une pyramide à peu près conique, qu'on lui voit preſque toujours, ſans une autre cauſe dont je vais faire mention.

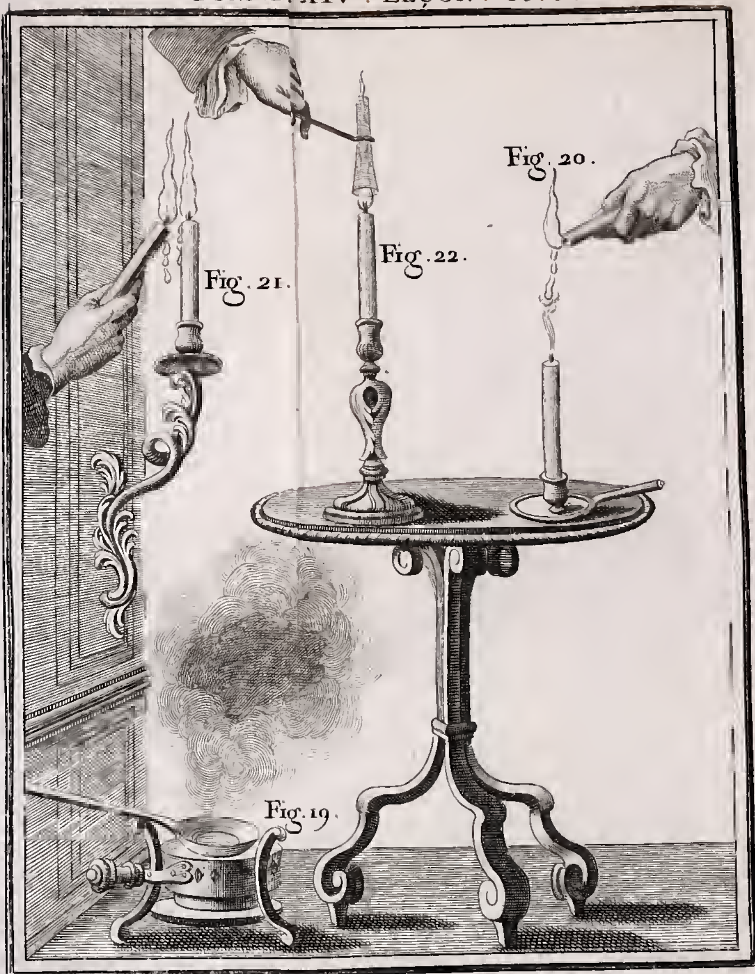
L'étendue de la vapeur qui s'exhale autour & par l'extrêmité de la meche, n'eſt pas bornée à ce que nous voyons de lumineux, & que nous appellons la flamme. Elle va plus loin, & par le haut ſur-tout, on s'en apperçoit à pluſieurs pouces de diſtance. Pourquoi donc cette vapeur, une

une fois allumée, ne conserve-t-elle pas son inflammation & sa lumiere autant qu'elle a d'étendue ? c'est qu'à mesure qu'elle s'étend, elle devient plus rare, & par-là plus susceptible d'être refroidie & éteinte par l'air qui l'environne, de sorte qu'il n'y a que le noyau, pour ainsi dire, la partie la plus dense, qui résiste à ce refroidissement, & qui conserve assez de chaleur, pour rester enflammée & pour luire. Deux expériences peuvent servir à prouver ceci. 1° Si l'on approche deux chandelles allumées l'une de l'autre de maniere qu'il n'y ait que quelques lignes de distance entre les deux flammes, on apperçoit entre elles une petite vapeur enflammée, *Fig.* 21, qui, selon toute apparence, n'est autre chose que la portion éteinte qui reprend feu par le nouveau degré de chaleur, que les deux flammes, en s'approchant, font naître dans l'espace qui les sépare ; & cela est d'autant plus vraisemblable que les deux flammes alors s'allongent considérablement. 2° Que l'on reçoive la flamme d'une grosse chandelle dans un tuyau de verre mince qui ait 7 à 8 lignes de

XIV. LEÇON.

diametre, & environ quatre pouces de longueur, *Fig.* 22, on la voit aussitôt s'allonger considérablement ayant presque autant de volume en haut qu'en bas, apparemment, parce que gardant mieux la chaleur dans ce tuyau qui s'échauffe lui-même, que dans l'air qui se renouvelle continuellement, les parties enflammées demeurent plus long-temps dans cet état.

Il paroît donc certain que le volume de la flamme est restreint & diminué par le refroidissement que lui cause l'air ambiant. Mais comme cette flamme est un véritable écoulement, un fluide qui, partant de la meche, s'avance de bas en haut, dans un autre fluide qui le refroidit, & qui en éteint toujours des portions, il est comme évident que la partie inférieure, celle qui s'enflamme actuellement, doit être plus grosse que les autres qui sont au-dessus, qui ont déjà souffert des refroidissements, des extinctions : on doit convenir aussi que la flamme doit diminuer de grosseur de plus en plus à mesure qu'elle monte, puisqu'en montant elle fait toujours de nouvelles pertes. Repré-


Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 19.



ſentez-vous un cylindre poſé verticalement, dont on rétrécit de plus en plus le diametre depuis la baſe juſqu'en haut; que doit-il reſter après ces retranchements, ſinon une pyramide conique, ou une figure telle que nous la repréſente la flamme d'une chandelle?

Si vous ajoutez encore au refroidiſſement cauſé par l'air le frottement que doit éprouver un fluide qui en pénetre un autre, vous concevrez aiſément que, ſi celui qui ſe meut, devoit être, ſelon l'origine de ſon écoulement, un jet cylindrique, il s'amincit & devient pyramidal par les ralentiſſements ſucceſſifs que ſouffrent les parties de ſa ſurface, de la part du fluide ambiant; telle eſt la figure que nous repréſente l'eau qui traverſe l'air, après être ſortie d'un vaiſſeau, dont le fond eſt percé d'un trou rond, *Fig.* 23. Rien n'empêche de penſer que la flamme éprouve de pareils frottements, en s'élevant dans l'air, & que cette cauſe concourt & ajoute à l'effet dont il eſt ici queſtion.

Enſuite la partie noire de la meche devient plus longue, parce que le feu

XIV. LEÇON.

ſuit l'abaiſſement du bout de la chandelle qui s'uſe, en lui fourniſſant ſon aliment, & la lumiere devient terne, parce que le fluide lumineux eſt alors interrompu par un gros charbon noir qui ralentit ſon activité.

APPLICATIONS.

ON appelle communément matieres *combuſtibles* ou *inflammables* toutes celles que le feu détruit, après les avoir fait briller ſous la forme de flamme ou de charbons ardents; telles ſont la plupart des ſubſtances végétales, animales, & une partie des foſſiles : mais comme preſque tous les corps que l'on fait brûler, ne ſe conſument point entiérement, & qu'outre la fumée qui ne diſparoît pas auſſi-tôt que la flamme, il reſte encore des parties fixes qu'on nomme *cendres*, & ſur leſquelles il ſemble que le feu n'ait plus aucun pouvoir; on a conſidéré tous les mixtes qui peuvent s'allumer, comme renfermant en eux une certaine matiere, ſeule capable de prendre feu & d'entretenir l'inflammation, & que l'on a nommée pour cette raiſon *aliment du feu, pabulum ignis*. Boerhaave, & avec

lui plusieurs habiles Physiciens, attribuent cette propriété à l'huile, qui entre comme principe dans presque tous les mixtes, & sur-tout dans ceux du regne végétal & du regne animal ; de sorte qu'un corps est plus ou moins combustible, selon que la dose de ce principe y est plus ou moins grande ; c'est pour cela, dit-on, que les matieres grasses ou huileuses s'allument plus facilement que les autres, & se brûlent d'une maniere plus complete.

On ne peut nier que cette doctrine ne s'accorde fort bien avec ce que nous voyons tous les jours : mais en recevant cette vérité, devons-nous y mettre la précision avec laquelle il semble qu'on nous l'offre ? l'huile légere & volatile est-elle la seule matiere vraiment inflammable ? les autres principes auxquels elle est unie, ne le seroient-ils pas aussi par un degré de feu plus considérable que celui qui suffit pour elle ? L'idée que je me suis faite de l'état naturel du feu dans les corps, me détermine pour l'affirmative ; & pour justifier mon opinion, qui paroîtra peut-être un peu singuliere, il faut que je résume ici en peu

XIV. LEÇON.

de mots ce que j'ai déjà insinué en plusieurs endroits de cette Leçon & de la précédente.

Je pense, comme la plupart des Physiciens d'aujourd'hui, qu'il y a du feu par-tout & en tout: que cet élément occupe les vuides que laissent entre elles les molécules d'un corps solide ou fluide, & qu'il les distend plus ou moins, selon le degré actuel de son activité. Outre ce feu, qu'on peut regarder comme ambiant par rapport aux petites masses qui composent un corps, je crois encore que la plus petite portion de matiere, de quelque espece qu'elle soit, (j'en excepte seulement les atômes, s'il y en a,) renferme audedans d'elle-même un peu de ce même feu, qui ne peut se mettre en liberté, se déployer & briller qu'après avoir rompu son enveloppe; mais qui ne la rompra & n'en dissipera les parties, qu'après qu'il aura reçu un degré de force proportionné & supérieur à la résistance des liens qui le retiennent. Or comme les parties de la matiere sont plus ou moins difficiles à désunir, suivant l'espece, dans un mixte qu'on fait brûler, les molécules d'un

certain ordre pourront céder à la puiſſance interne qui tend à les diſſiper, parce que le degré de feu qui regne actuellement dans la maſſe totale, ſuffit pour occaſionner cet effort victorieux, tandis que d'autres réſiſteront, non qu'ils ne renferment auſſi une pareille cauſe de déſunion, mais ſeulement parceque cette cauſe n'a pas reçu du feu qui agit au-dehors, une intenſité ſuffiſante pour avoir ſon effet.

Ainſi tout eſt inflammable en ce ſens : le charbon qui reſte ſimplement rouge, lorſqu'il eſt allumé, demeure en cet état, parce que de couche en couche, le feu renfermé dans les molécules de la ſuperficie, ſe développe lentement, & ne fait que diſſoudre des parties qui ont peine à ſe quitter, & qui lui réſiſtent bien autrement que celles qui ſe ſont d'abord évaporées en flamme & en fumée; le ſel même & la terre qui font la cendre de ce charbon brûlé, & qui ſe préſentent preſque toujours ſous la forme & la couleur d'une poudre griſe, rougiront auſſi comme le charbon, ſi l'on y applique un degré de feu qui anime ſuffiſamment celui qui eſt retenu dans

ces parties fixes, & qui le faſſe briller à travers de ſes enveloppes. Diſons plus, je ſuis perſuadé que l'eau même deviendroit ardente & brillante de lumiere, ſi les parties élémentaires qui compoſent ſes molécules, & que je ſuppoſe auſſi renfermer entr'elles une petite portion de feu, pouvoient ſe déſunir avec autant de facilité que les molécules mêmes en ont à quitter la maſſe pour s'évaporer.

Quoi! dira-t-on, l'eau eſt auſſi l'aliment du feu?

Ne diſputons point des mots: ſi l'on entend, par aliment du feu, ce qui s'enflamme le plus aiſément, ce qu'il y a de plus propre à entretenir ou à augmenter ces embraſements dont nous faiſons ordinairement uſage dans nos cuiſines, ou pendant la nuit pour nous éclairer, certainement les matieres graſſes, ſpiritueuſes, ſulfureuſes, ce qui en contient une grande quantité, méritent ce nom par préférence à tout: mais ſi l'on attache à cette expreſſion une idée plus étendue, qu'on appelle aliment du feu une matiere que cet élément puiſſe diſſoudre, une matiere que l'action du feu puiſſe faire

paroître

paroître toute embrasée, une matiere enfin dont une plus grande quantité fasse un plus grand feu, quand toutes ses parties sont animées du même degré de chaleur, j'avoue que je ne connois point de corps à qui je me croie en droit de refuser ce nom. Un grain de sable & une petite goutte d'huile contenant l'un & l'autre une portion de feu, je crois voir clairement que cette cause interne opérera la dissolution de ces deux petits êtres, quand elle aura acquis assez de force, pour vaincre la ténacité de leurs parties; avec cette différence seulement que l'huile cédant plus aisément, se dissipera en une vapeur lumineuse; au lieu que le sable plus fixe s'entr'ouvrira, pour laisser briller au-dehors le feu qu'il renferme, & se divisera en une infinité de parties qui ne se dissiperont point.

La couleur de la flamme varie suivant les différentes matieres que l'on brûle; l'esprit-de-vin pur, & en général celui que l'on tire de tous les végétaux, donne une flamme légere & d'un blanc brillant : celle de l'huile & de la graisse est un peu jaune; & celle du soufre est bleue; quand on allume

XIV. LEÇON.

un corps mixte qui contient de toutes ces matieres, la flamme qui s'en éleve, doit participer plus ou moins de toutes ces nuances qui se combinent encore avec des traits de vapeur noire ou de fumée ; en voilà assez pour rendre raison de toutes ces couleurs qu'on observe dans la flamme d'un fagot ou d'une bûche bien allumée.

A l'occasion de l'expérience rapportée ci-dessus de la flamme d'une chandelle, qui remplit presqu'entiérement un tube de 3 ou 4 pouces, je remarquerai que le feu qu'on fait dans l'âtre d'une cheminée, ne devient dangereux que quand la flamme s'éleve assez pour entrer dans le tuyau ; car alors il ne faut plus estimer sa hauteur suivant celle qu'elle auroit hors de cette circonstance ; il faut penser qu'elle s'allonge considérablement par les raisons que j'ai dites, & qu'elle est à portée d'allumer la suie jusqu'à une très-grande distance.

Quand on fait une lampe avec de l'esprit-de-vin bien déflegmé, la meche, si elle est de coton, ne se convertit point en charbon noir, comme celle d'une chandelle, ou d'une lampe d'hui-

le, parce que la flamme eſt trop légere & trop évaporable ; auſſi n'eſt-il pas néceſſaire qu'une meche brûle, pourvu qu'elle ſoit toujours imbibée de la matiere qui doit entretenir la flamme ; on voit par-tout des réchauds d'eſprit-de-vin, dont les meches ſont faites de petites lames d'argent liées en faiſceaux, & un peu éparpillées par le haut.

Les meches trop longues ou trop lâches font fumer les lampes, parce qu'elles fourniſſent au feu plus de matiere qu'il n'en peut conſumer ; le ſuperflu ne s'allume point, & s'exhale en fumée noire : les meches trop ſerrées ne pompent point aſſez de matieres, la flamme languit, & celles qui ſont trop courtes, portent au feu le ſuif & l'huile, avant qu'ils aient aſſez de chaleur ; elles ne peuvent réuſſir qu'avec l'eſprit-de-vin, qui s'enflamme, lorſqu'il n'eſt encore que médiocrement chaud.

L'expérience de la chandelle nouvellement éteinte, qu'on rallume par ſa vapeur, me donne lieu d'avertir qu'il eſt très-dangereux d'approcher avec une bougie allumée, ou avec toute autre flamme, d'une matiere graſſe,

résineuse, ou spiritueuse, qui est fort chaude & qui fume ; le feu pourroit y prendre de fort loin, & causer bien du désordre ; on ne voit que trop souvent des accidents de cette espece, surtout depuis que la fabrique & l'emploi des vernis sont devenus la profession, ou l'amusement d'un grand nombre de personnes.

Mais que deviennent enfin tant de matieres que l'inflammation dissipe & fait disparoître tous les jours à nos yeux, après les y avoir fait briller pendant quelques instants ?

Comme rien ne s'anéantit, & que les especes ne s'épuisent point, malgré la consommation qui s'en fait tous les jours, nous devons croire que tous ces corps divisés & décomposés par l'action du feu, au point de n'être plus rien de ce qu'ils étoient, quant à la forme sensible, se dispersent dans l'athmosphere, comme dans un grand réservoir, où la nature reprend, selon ses besoins, & selon ses vues, tous ces matériaux, pour les employer à de nouvelles productions.



IV. SECTION.

Des principaux moyens d'augmenter & de diminuer l'action du feu.

IL eſt ici queſtion du feu uſuel, c'eſt-à-dire de celui dont nous faiſons communément uſage, de l'embraſement d'une matiere qui ſe diſſipe en flamme & en fumée, & dont il ne reſte que la cendre ou rien après l'inflammation ; tel eſt un feu de bois, de charbons, d'huile, d'eſprit-de-vin, &c. Quant aux rayons du ſoleil, en faiſant voir dans la Leçon précédente qu'ils ſont un vrai feu, j'en ai dit aſſez pour faire comprendre que la chaleur qu'ils font naître, doit augmenter à meſure qu'ils ſe raſſemblent en plus grand nombre ſur un même endroit ; ce qui dépend de la multiplication, de la grandeur, ou de la perfection des inſtruments qui les font co-incider.

J'obſerverai ſeulement à l'égard des rayons raſſemblés par les miroirs de dioptrique, ou de catoptrique, que l'intenſité de leur action ne croît pas

seulement en raison de la densité qu'ils acquierent en s'approchant de leur foyer commun, mais encore selon quelque autre progression que l'on ne connoît pas bien; de sorte que si l'on divisoit, par exemple, en parties égales l'axe du cône lumineux, dont la base est appuyée au miroir, * le même corps placé successivement à toutes ces divisions, n'y prendroit pas des degrés de chaleur toujours proportionnels au nombre des rayons que son degré de distance lui feroit recevoir : on fera fondre au foyer, ou fort près du foyer, un morceau de métal qui ne s'échaufferoit que médiocrement, s'il étoit porté un peu plus loin, où le nombre des rayons qui frapperoient sa surface ne seroit pourtant pas considérablement diminué ; il semble que les rayons, en se serrant réciproquement, prennent une nouvelle force, indépendamment de celle qui résulte de leur plus grand nombre.

* 13. *Leçon, Fig.* 10 *&* 11.

Nous connoissons principalement trois manieres par lesquelles on parvient à augmenter l'action & les effets d'un même feu, je veux dire d'un feu entretenu avec la même matiere.

1° En augmentant la quantité de cette matiere qui lui ſert d'aliment ; 2° en concentrant ſon action, ou en empêchant qu'elle ne s'étende, & ne ſe diſſipe dans un trop grand eſpace : 3° en dirigeant vers un même endroit cette action, ou les parties embraſées qui s'exhalent.

La premiere maniere d'augmenter le feu eſt tellement uſitée & connue, que je ne crois pas devoir m'y arrêter ; on ſait qu'une botte de paille étant une fois allumée, ſi l'on y en ajoute une deuxieme, une troiſieme ou davantage, le feu s'augmente, & la chaleur s'étend à proportion; cependant il faut faire attention qu'une matiere, quoique choiſie dans l'ordre de celles qu'on nomme communément combuſtibles, ne prend pas toujours feu, & n'augmente pas un embraſement commencé, à moins que le feu auquel on l'ajoute, ne ſoit proportionné à ſon volume & à ſon degré d'inflammabilité : inutilement amaſſeroit-on de très-groſſes bûches autour d'un très-petit feu de paille, elles n'en ſeroient que noircies ; & nous avons déjà remarqué qu'une me-

XIV. LEÇON. che de coton enveloppée par la flamme de l'eſprit-de-vin, ſe conſerve toute entiere. C'eſt qu'il y a des flammes plus chaudes, plus actives les unes que les autres; & pour les entretenir il faut des matieres dont le degré d'inflammabilité leur convienne : ce degré d'inflammabilité dépend non-ſeulement de la nature du corps combuſtible, mais encore de ſon volume & de ſa denſité. Le bois par lui-même eſt inflammable au point de pouvoir s'allumer par de la paille qui brûle; mais ſi ce bois eſt en groſſes bûches, il faudroit y appliquer un feu de cette eſpece pendant bien du temps pour l'entamer; car un corps ne s'embraſe qu'après avoir reçu un certain degré de chaleur, & ſi ſa ſuperficie expoſée à une foible flamme, s'entretient froide par la quantité de la maſſe, il n'en réſultera tout au plus qu'une inflammation légere & ſuperficielle.

Ce que je viens d'obſerver ſuffit pour rendre raiſon de l'extinction d'une bougie, ou d'une chandelle, que l'on tient un moment renverſée, ou que l'on plonge dans une liqueur inflammable, mais froide; de l'extinc-

tion du bois verd médiocrement allumé, dont on ne ſoutient pas l'embraſement par d'autre plus ſec ; dans l'un & dans l'autre cas, le feu ne manque point d'aliment ; mais dans le premier, cet aliment n'a pas le temps de s'échauffer aſſez ; & dans le ſecond, il ne le peut pas, à cauſe de l'humidité qu'il renferme.

Je paſſe à la ſeconde maniere d'augmenter l'action du feu, & j'entreprends de faire voir qu'une même flamme, ou un même braſier, chauffe beaucoup plus quand ſa chaleur eſt retenue par des obſtacles qui l'empêchent de s'étendre, que quand on la laiſſe libre de ſe répandre au loin & d'une maniere vague.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

A A, *Fig.* 24, eſt un vaiſſeau à peu près cylindrique de tôle ou de laiton, ouvert de toute ſa largeur par en-haut, & en-bas par une petite arcade de 2 pouces $\frac{1}{2}$ de haut ſur 2 pouces $\frac{1}{4}$ de large ; outre cela il eſt encore percé de trois autres trous beaucoup

plus petits que le précédent, également espacés sur la rondeur du vaisseau, & tous trois à la hauteur du sommet de l'arcade.

Ce premier vaisseau reçoit successivement deux especes de capsules, ou cuvettes de métal, qui s'y enfoncent à peu près jusqu'au tiers de sa hauteur; dans l'une des deux on met de l'eau, & dans l'autre du sable bien sec.

On fait passer par l'arcade le canal d'une lampe à trois meches, que l'on allume & que l'on tient un peu courtes, & en forme de pinceaux, afin qu'elles ne fument point; le réservoir *B* de cette lampe contient de l'huile d'olives.

EFFETS.

La capsule pleine d'eau ayant reçu pendant une demi-heure la chaleur de la lampe, si l'on y plonge un thermometre, on s'apperçoit par l'ascension de la liqueur dans le tube, que le degré de chaleur n'est pas fort éloigné de celui de l'eau bouillante.

La cuvette qui contient le sablon, ayant été exposée un pareil temps au feu de la lampe, on voit, en y plon-

geant un thermometre de mercure, que le degré de chaleur eſt plus grand que celui de l'eau précédemment éprouvée.

EXPLICATIONS.

TOUT le monde conviendra volontiers que l'eau & le ſable ne ſe fuſſent jamais autant échauffés, ſi l'on ſe fût contenté de les tenir ſimplement à 6 pouces au-deſſus de trois petites flammes ſemblables à celles de notre Expérience; il n'eſt pas douteux que ce grand degré de chaleur que l'une & l'autre ont reçu, ne ſoit dû principalement au ſoin qu'on a pris de renfermer ce petit feu dans le vaiſſeau cylindrique qui portoit la capſule; & je vais tâcher d'en expoſer les raiſons.

Le feu, en vertu de ſa force expanſive, tend à s'étendre de tous côtés; il détermine de même toutes les parties des corps qu'il déſunit, & qui s'exhalent avec lui: ainſi les trois petites meches de la lampe, qui brûlent enſemble, doivent être conſidérées comme le centre d'une ſphere d'activité, dont les rayons vont frapper les parois du vaiſſeau *A A*; mais à cauſe de la

forme de ce vaiſſeau, les rayons de feu ou de chaleur ſont réfléchis vers l'axe de l'eſpace cylindrique qu'il renferme, & leur action ſe trouvant comme concentrée, en agit avec d'autant plus de force ſur tout ce qui l'environne ; delà il arrive que les parois du vaiſſeau & la cuvette qui le couvre, s'échauffent conſidérablement.

Cette concentration de chaleur ne dépend pas beaucoup de la figure du vaiſſeau ; on auroit à peu près le même effet quand il ſeroit quarré : elle vient principalement de ce qu'on oppoſe un obſtacle aux rayons qui tendent à ſe diſſiper, en ſe prolongeant ; & qui ſe diſſipent en effet, quand on leur en laiſſe la liberté, comme l'expérience l'apprend.

La cuvette avec ce qu'elle contient, s'échauffe plus lentement, mais davantage que les parois du vaiſſeau, parce qu'elle oppoſe plus de matiere à pénétrer, & que l'action du feu continuée augmente, comme je l'ai déjà fait entendre, à proportion des réſiſtances qu'elle a à vaincre.

C'eſt par cette derniere raiſon que le ſable s'eſt échauffé plus que l'eau ;

car le feu qu'il renferme, étant plus lent à se mettre en action, en devient d'autant plus fort, quand ce qui le retient vient à céder. XIV. LEÇON.

APPLICATIONS.

La Chymie, cet Art merveilleux, qui sait approfondir les secrets de la nature, en décomposant ses ouvrages, emploie dans presque toutes ses opérations un feu dont l'action est réglée par des fourneaux : & ces fourneaux ne sont autre chose que des vaisseaux différents entr'eux par la matiere dont ils sont faits, par leur grandeur, par leur forme, mais qui se ressemblent en ce qu'ils renferment une certaine quantité de matiere embrasée, dont ils retiennent la chaleur pour l'obliger d'agir sur quelque substance qu'on veut chauffer intimement. C'est dans un traité de Chymie qu'on doit chercher la construction & les usages de ces sortes d'instruments, le choix des matieres qu'on y doit brûler, & les regles qu'il faut suivre pour obtenir tel ou tel degré de feu relativement aux différentes vues qu'on s'est proposées. Je me garderai bien d'entrer dans ce dé-

XIV. LEÇON.

tail, qui m'écarteroit trop de mon ſujet ; mais je crois faire plaiſir au Lecteur, en lui faiſant connoître un fourneau qui peut ſe placer par-tout ſans cauſer d'incommodité, qui exige peu de ſoin, peu de dépenſe, & peu de ſavoir, & avec lequel cependant on peut faire en petit beaucoup d'opérations agréables & utiles.

Le corps de ce fourneau, qui a environ 9 pouces de hauteur ſur 6 à 7 de diametre au plus large, eſt tout-à-fait ſemblable par ſa figure au vaiſſeau *AA* * de notre derniere Expérience ; il renferme, comme lui, le feu d'une lampe à trois meches, dont le réſervoir eſt rempli d'huile d'olives à bas prix ; on allume toutes ces meches, ou ſeulement une partie, ſelon le degré de feu qu'on veut avoir ; & ſi l'on prend ſoin qu'elles ſoient courtes, convenablement ſerrées dans les petits tuyaux par leſquels elles paſſent, pour atteindre l'huile, & que le bout qui brûle ait la forme d'un pinceau qui a perdu ſa pointe, elles pourront brûler pendant cinq ou ſix heures, & même davantage, ſans fumer & ſans faire ſentir aucune mauvaiſe odeur.

* *Figure* 24.

Le fourneau ainsi allumé reçoit une espece de bouilloire de fer-blanc, *Fig.* 25, que l'on emplit d'eau bouillante par l'orifice *C*, dans laquelle est plongée & arrêtée une cucurbite d'étain *D*. Au col de cette cucurbite on joint un chapiteau de verre, ou de métal *E*, que l'on couvre d'un réfrigérant *F*, garni d'un petit robinet, pour faciliter le renouvellement de l'eau qu'on y met. On adapte ensuite au bec du chapiteau un petit matras, dont on fait porter la boule sur un support qui se hausse & se baisse à volonté, comme on le peut voir par la *Fig.* 26, qui représente toutes ces pieces ensemble.

Au lieu de la cucurbite au bain-marie, dont je viens de parler, on peut ajuster au fourneau un bain de sable, *Fig.* 27, dans lequel on place une cucurbite de verre avec son chapiteau *G*, &c. ou bien une cornue *H*, que l'on couvre encore de sable, & d'un couvercle un peu formé en dôme, qui sert comme de réverbere. *Voyez les Fig.* 28 & 29.

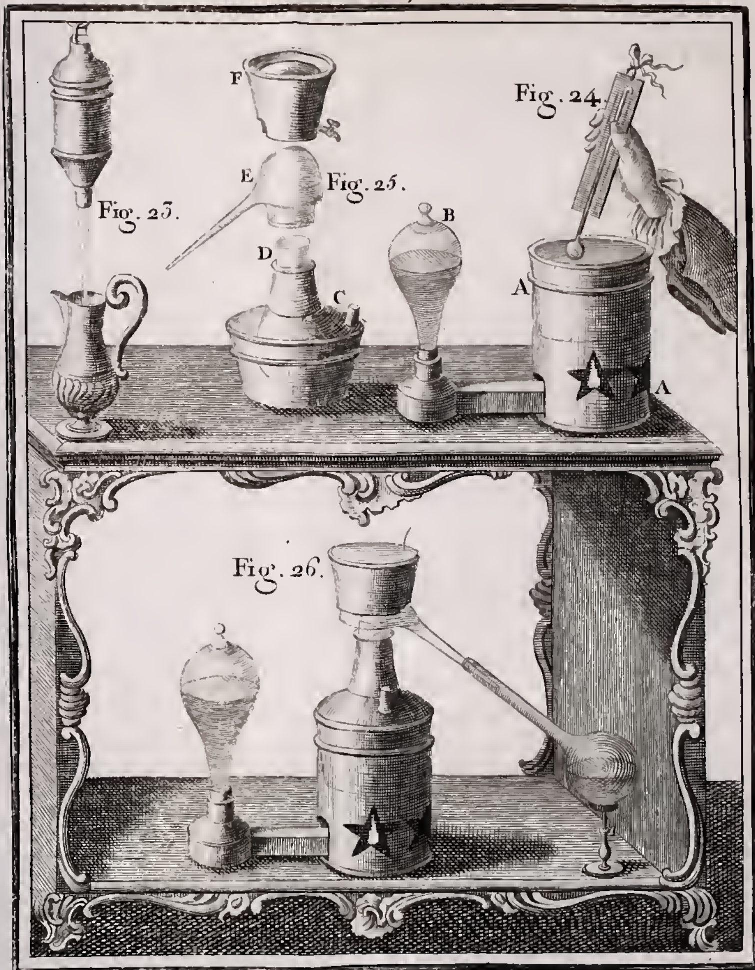
Avec un fourneau de cette espece on peut mettre à profit la lumiere que

bien des gens font garder pendant la nuit dans leur appartement ; il ne s'agit que de ſubſtituer aux lampes ou aux bougies qu'on emploie communément à cet uſage, celle dont je viens de faire mention, l'huile que l'on brûle preſque toujours en pure perte ſervira à faire aller le petit fourneau, & le lendemain au matin on en trouvera le produit.

Le bain de ſable eſt commode pour entretenir chaud le bouillon ou la boiſſon d'un malade, le café, le thé, & autres potions ; pour tenir en digeſtion certaines drogues qu'on doit prendre par forme de remede ou autrement, pour faire des évaporations lentes, &c.

Enfin, rien n'eſt plus commode que cet inſtrument, pour faire des eſſais de diſtillations, & pour extraire l'huile eſſentielle des plantes aromatiques. On met dans la cucurbite du bain-marie, par exemple, une poignée de fleurs de lavande, avec une pinte d'eau-de-vie, on la couvre de ſon chapiteau & du réfrigérant qu'on emplit d'eau fraîche : deux meches allumées, ou trois, ſi l'on veut

aller


F
Fig. 24.
E
Fig. 25.
Fig. 23.
B
D
A
C
A
Fig. 26.



aller plus vîte, font diſtiller environ une chopine d'un eſprit-de-vin fort chargé d'odeur, & qui ne ſent point le feu.

XIV. LEÇON.

On doit ſe ſervir de la cucurbite au bain de ſable pour des matieres plus peſantes, ou qui ſeroient capables de gâter la cucurbite d'étain, comme le vinaigre, la térébenthine, &c.

La cornue au bain de ſable, avec le réverbere & trois meches allumées, ſervira pour diſtiller des matieres encore plus peſantes, comme le mercure, s'il étoit queſtion de le bien purifier, ou pour diſtiller l'eau forte citrine qui enflamme les huiles eſſentielles des plantes, & qui eſt une diſtillation de ſalpêtre fin, bien ſéché, & mêlé avec l'huile de vitriol.

Le forgeron jette de l'eau par aſperſion ſur le charbon de terre, dont il entretient le feu de ſa forge, quand il s'apperçoit qu'il brûle un peu trop à la ſuperficie; par ce moyen, dont l'expérience lui a fait connoître l'utilité, il forme une eſpece de voûte toujours éteinte, ſous laquelle, comme dans un fourneau de réverbere, le feu ſe concentre & exerce ſon action preſ-

XIV. LEÇON.

qu'uniquement ſur le métal que l'on fait chauffer.

Les étuves ſont encore des eſpeces de fourneaux, dans l'intérieur deſquels la chaleur d'un peu de braiſe allumée, s'applique commodément à un grand nombre de corps, que l'on veut entretenir chauds & ſecs : c'eſt ainſi que l'on conſerve dans les offices des fruits confits, des caramels & autres préparations de ſucre, que l'humidité de l'air auroit bientôt gâtées ; c'eſt par ce moyen encore que ceux qui emploient des vernis gras, finiſſent préſentement dans l'eſpace de quelques jours, & dans les ſaiſons les moins favorables, des ouvrages pour leſquels il falloit autrefois pluſieurs mois d'un temps choiſi.

Un paravent déployé & placé dans une grande chambre, auprès & vis-à-vis de la cheminée, ne ſert pas ſeulement à garantir les perſonnes qui ſe chauffent de l'air froid que le feu attire : il réfléchit la chaleur, il l'arrête, il empêche qu'elle ne ſe diſſipe ; en un mot, il fait en quelque façon l'office d'une étuve, à cela près que l'air ſe renouvelle par en-haut, dans l'eſpace qu'il renferme.


G
H
Fig. 28.
Fig. 27.
Fig. 29.



II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut avoir une grosse chandelle allumée, dont on incline un peu la meche, & avec un chalumeau de verre ou de métal, recourbé & pointu par un bout, on souffle sur la flamme dans telle direction qu'on le juge à propos. *Voyez Fig.* 30.

EFFETS.

CETTE flamme qui brûle ordinairement sans bruit, qui n'a qu'un pouce & demi tout au plus de longueur, & qui seroit à peine capable de faire rougir une épingle ou une aiguille à coudre, lorsqu'elle est soufflée de la maniere que je viens de le dire, fait un bruissement assez considérable (*a*), s'allonge de plusieurs pouces, & brûle avec tant d'activité, qu'elle amollit ou fait fondre très-promptement le

(*a*) C'est ce qui arrive le plus communément ; mais cependant quand le chalumeau est très-menu, & que l'on souffle médiocrement, on n'entend point de bruit.

verre, & les métaux les plus durs.

EXPLICATIONS.

Je considere toutes les parties de la flamme comme autant de petites portions de la matiere combustible, qui se brisent & qui éclatent par l'effort du feu qu'elles renferment, & qui se met en liberté : toutes ces petites explosions particulieres en font une totale qui frappe l'air environnant, & qui fait du bruit lorsqu'elle est subite; mais qui se passe en silence quand elle se fait lentement, ou quand une fois la flamme a fait sa place dans l'air. Il n'en doit pas être de même si l'on force l'air d'entrer dans la flamme : les parties qui éclatent à chaque instant doivent porter sur lui leur effort, & les secousses qu'il reçoit doivent se faire entendre : voilà au moins ce qui me paroît vraisemblable. On peut encore considérer qu'il y a toujours dans l'air des parties humides, qui lancées avec lui dans un feu très-actif, doivent faire (toute proportion gardée) ce que nous voyons que fait une goutte d'eau qui tombe sur un fer

chaud, c'est-à-dire, un frémissement qui retentit.

L'allongement de la flamme est visiblement causé par l'impulsion du vent qui entraîne avec lui celles des parties embrasées qui se dissiperoient du côté d'où il vient : on peut ajouter encore, que ce qui ne seroit que vapeur éteinte ou fumée, devient de la flamme, parce que l'activité du feu est augmentée.

La flamme soufflée devient un feu plus actif, pour deux raisons : premiérement, parce que le vent condense les parties embrasées dans la direction qu'il leur fait prendre, puisqu'il entraîne du même côté des parties qui n'iroient pas sans cette détermination, & qu'il fait prendre feu à d'autres qui s'exhaleroient en fumée ; secondement, parce que poussant la flamme, il ajoute au mouvement qu'elle a naturellement, & par lequel elle agit sur les autres corps.

APPLICATIONS.

L'EXPERIENCE qu'on vient de voir, est une pratique fort connue & très-usitée dans plusieurs arts. Les Orfe-

XIV. LEÇON.

vres qui font particuliérement la bijouterie, & ceux qu'on nomme *Metteurs en œuvre*, soudent la plupart de leurs pieces au chalumeau ; ils les tiennent dans le creux d'un charbon de bois tendre, & ils dirigent dessus la flamme allongée par le souffle : de cette maniere, ils sont bien plus maîtres du feu, & ne risquent pas de fondre des parties délicates, qu'on auroit bien de la peine à ménager & à sauver, si l'on se servoit de charbon allumé pour les chauffer.

Les Horlogers, les Faiseurs d'instruments de Mathématiques, &c. qui trempent la pointe de leurs forets en les plongeant dans le suif, les font rougir auparavant dans la flamme d'une chandelle, qu'ils soufflent aussi avec un chalumeau ; cette façon de tremper est très-commode, en ce qu'on est maître de ne chauffer que le petit bout de l'instrument, la seule partie qui doive être dure.

C'est aussi par le vent qui sort d'un chalumeau recourbé, que les Emailleurs animent le feu de leur lampe : mais au lieu de souffler avec la bouche, ce qui est impraticable dans bien

des cas, & très-pénible quand le travail eſt d'une certaine durée, la plupart ſe ſervent d'un ſoufflet à double ame, fixé ſous la table qui porte la lampe, & que l'on fait mouvoir avec le pied en appuyant ſur une pédale. La *Fig.* 31 repréſente non-ſeulement l'appareil de cet art charmant, qui ſait faire prendre au verre & à l'émail tant de formes agréables, & imiter ſi joliment les fleurs & autres productions de la nature; elle met encore ſous les yeux le portrait aſſez reſſemblant du plus adroit & du plus ingénieux Artiſte que nous ayons en ce genre. (*a*) Je ſens tous les jours combien je lui ſuis redevable d'avoir bien voulu me mettre un peu au fait de ſon art; pour lui en marquer ma reconnoiſſance, je profite avec plaiſir

(*a*) Jean Raux, Emailleur du Roi, a eu l'honneur d'amuſer de ſon travail preſque tous nos Princes dans leur jeuneſſe, & d'en donner des leçons à beaucoup de Seigneurs, tant Français qu'Etrangers; ſon portrait fut eſquiſſé par un Officier de la Cour de Monſeigneur le Dauphin, tandis qu'il travailloit devant ce Prince en 1739. C'eſt d'après cette eſquiſſe qui m'eſt tombée entre les mains que j'ai fait graver la *Fig.* 31.

d'une occaſion que j'ai de perpétuer ſa mémoire.

XIV. LEÇON.

La lampe des Emailleurs, animée par le vent d'un ſoufflet, nous fait voir en petit ce qui ſe paſſe dans les forges. Combien n'y auroit-il point à perdre, & pour le temps & pour la dépenſe, s'il falloit traiter les métaux comme on traite le verre, par exemple, dans les verreries, avec un feu qui prend preſque toute ſa force de la quantité & de la durée : d'ailleurs avec le feu d'une forge qui peut être très-fort, quoiqu'en petit volume ; on a encore l'avantage de ne chauffer ſur une barre de fer que l'endroit où l'on a affaire.

Le feu ſoufflé eſt encore plus actif que celui qui eſt contenu & concentré dans un fourneau ; ainſi lorſqu'il s'agit de pouſſer l'action du feu auſſi loin qu'elle peut aller par des moyens connus, il faut oppoſer entr'eux pluſieurs ſoufflets ſur un même braſier ; c'eſt ainſi qu'en uſent les Chymiſtes, pour accélérer la fuſion des matieres dures, ou pour éprouver juſqu'à quel point elles ſont fixes.

Sans employer des ſoufflets, on a ſoin

ſoin de conſtruire preſque tous les fourneaux, de maniere que l'air attiré par le feu, paſſe avec une certaine vîteſſe de la partie embraſée à celle qui ne l'eſt pas, ou qui l'eſt moins; alors l'action du feu eſt augmentée par ce courant d'air, qu'on eſt maître de modérer à ſon gré, en ouvrant plus ou moins les iſſues par leſquelles il doit ſortir.

Un tel courant d'air bien ménagé peut forcer la fumée de deſcendre dans le braſier & de s'y convertir en flamme, comme cela arrive dans une eſpece de poële inventé autrefois par M. Daleſme *, & renouvellé dans ces derniers temps par des perſonnes qui, n'en ayant pas bien étudié les inconvénients, propoſerent d'en placer dans les appartements: dès les premiers eſſais, on reconnut que l'uſage en étoit pernicieux, & que s'ils ne rempliſſent point l'air de fumée groſſiere, ils le chargent d'exhalaiſons plus ſubtiles, mais toujours capables de nuire aux perſonnes qui le reſpirent.

* *Journ. des Sç. 1686, p. 116.*

Après ce que je viens de dire, il eſt preſque inutile de parler de l'uſage où l'on eſt de ſouffler le feu des ap-

XIV. Leçon.

partements pour le mieux allumer, ni des justes raisons que l'on a de craindre le vent dans les incendies : tout cela est fondé sur ce que l'impulsion de l'air chasse le feu sur son aliment, ou l'y retient, ce qui lui fait faire plus de progrès ; & si l'on voit quelquefois un souffle violent éteindre la flamme, c'est qu'alors ce vent non-proportionné dissipe & le feu & la vapeur qui est prête à s'enflammer, comme je l'ai déjà dit ailleurs. *

* Tom. 3, pag. 293

Mais n'y a-t-il que l'air agité qui puisse animer le feu ? Tout autre fluide qui n'auroit pas beaucoup de densité ; une vapeur qui couleroit avec rapidité, ne feroit-elle pas la même chose ? Oui, assurément, & si l'on en doutoit, on pourroit très-facilement s'en convaincre, en présentant la flamme d'un flambeau, ou un gros charbon bien allumé, au bec d'une éolypile, dans laquelle on feroit bouillir de l'eau : le jet de vapeur qui en sort fait précisément l'effet d'un soufflet ; on me dira peut-être que cette vapeur contient beaucoup d'air, mais j'ai déjà prévenu cette objection *, en rapportant une expérience bien simple, par la-

* Page 89.

quelle on voit clairement que cela n'eſt pas. XIV. LEÇON.

Cette expérience conſiſte à plonger le bec de l'éolypile dans un verre d'eau froide : s'il en ſortoit de l'air, ſans doute qu'il ſe montreroit ſous la forme de globules, ce qui n'arrive pas ; mais au lieu de cela on apperçoit un fluide qui trouble un peu la tranſparence de l'eau, & qui fait entendre un frémiſſement tout-à-fait ſemblable à celui d'une liqueur qui commence à bouillir : ce bruit qui a d'abord un ton aſſez aigu, devient plus grave & plus ſourd à meſure que l'eau s'échauffe ; & enfin la vapeur continuant toujours de ſe répandre dans cette eau, & de la rendre plus chaude, parvient à la faire bouillir, & l'on n'entend plus alors que le bruit ordinaire du bouillonnement : cette expérience, qui m'a paru curieuſe, s'accorde aſſez bien avec ce que j'ai dit ci-deſſus, pour expliquer l'ébullition des liqueurs.

LA ſuppreſſion des moyens par leſquels on entretient & on anime le feu, eſt la cauſe la plus ordinaire de ſon ralentiſſement ou de ſon extinc-

XIV. LEÇON.

tion : une bougie & une lampe ceſſent d'éclairer dès que la meche ne trouve plus de cire ou d'huile à pomper ; le feu d'un poële ou d'une cheminée ne donne plus de chaleur quand il manque de bois, & ſouvent il languit, ſeulement parce qu'on néglige de le ſouffler. Mais indépendamment de ces cauſes, il en eſt d'autres qui agiſſent plus promptement, & dont on ne manque pas de faire uſage quand on eſt preſſé d'arrêter les progrès du feu, ou de les ralentir. J'ai fait voir dans la dixieme Leçon * que les matieres les plus combuſtibles ne peuvent prendre feu ni reſter enflammées que dans un air libre, & j'en ai dit les raiſons. Je dois ajouter ici que la privation d'air, le vuide tel qu'il le faut pour éteindre le feu, ſe fait bien ſans machine, & ſouvent ſans qu'on penſe à le faire ; il ne faut qu'appliquer à la ſurface du corps embraſé une matiere qui ne prenne point feu elle-même ; en voilà aſſez pour écarter l'air, pour empêcher qu'il ne touche & qu'il n'entretienne l'inflammation.

* *Tom. 3, p. 285 & ſuiv.*

Celle de toutes les matieres con-

nues, qu'on peut interposer ainsi avec le plus de succès, c'est l'eau ou sa vapeur, comme je l'ai fait connoître dans la douzieme Leçon. * Mais elle n'est pas la seule capable de cet effet; il suffit que ce qui touche le feu, quoiqu'inflammable de sa nature, ne s'allume point; & cela peut arriver ou par la grandeur du volume, ou par l'épaisseur de l'enduit; une grande quantité d'huile froide jettée tout-à-coup sur un petit feu l'étouffe au lieu de l'augmenter: un charbon ardent se noircit & s'éteint sur un morceau de bois dur d'une certaine épaisseur: & tout cela est fondé sur ce principe, qu'un corps qui brûle actuellement n'en peut faire brûler un autre, s'il n'y trouve, ou s'il n'y fait naître une chaleur pour le moins égale à la sienne; or cette condition n'a pas lieu dans une matiere combustible, mais froide, dont la quantité n'est pas en proportion convenable avec le feu qu'on y applique; ni à l'égard de l'eau, qui, lors même qu'elle bout, est toujours beaucoup moins chaude qu'une matiere qui brûle.

XIV. LEÇON.

* Pag. 91 & suiv.

Par les expériences que j'ai rappor-

XIV. LEÇON.

tées dans la ſection précédente, j'ai fait voir que cet effet du feu, qu'on nomme *embraſement* ou *inflammation*, s'augmente comme de lui-même, lorſque le corps embraſé ſe trouve uni avec une quantité proportionnée de matiere capable de s'embraſer auſſi. Il n'en eſt pas de même de la ſimple chaleur; elle ne ſe communique point ſans s'affoiblir, & cette diminution, dont nous ignorons le dernier terme, ſe nomme *refroidiſſement*.

Comme les corps s'échauffent plus promptement & avec plus de facilité les uns que les autres, auſſi ne ſe refroidiſſent-ils pas tous également dans un temps donné. Leur degré de denſité, plus ou moins de cohérence entre leurs parties, les différents principes qui conſtituent leur eſſence, ſont autant de cauſes d'où dépendent apparemment ces différences; & quoiqu'avec le temps diverſes eſpeces de matieres prennent la température du lieu où elles ſont placées, cependant les unes y arrivent plutôt, les autres plus tard.

On peut dire en général (ſauf les exceptions que l'expérience pourra

faire connoître) que la chaleur se communique en raiſon des maſſes ; c'eſt-à-dire, qu'un pouce cube de fer, par exemple, appliqué ſur un morceau de bois qui auroit les mêmes dimenſions, avec moins de chaleur, ſe refroidiroit moins par cet attouchement, que ne feroit le cube de bois, ſi plus chaud que le fer, il s'appliquoit à lui pour l'échauffer. Auſſi reſſent-on plus de froid aux mains, quand on a touché du marbre ou du métal pendant l'hiver, que quand on a manié du bois ou des étoffes, quoique la température de tous ces corps ſoit véritablement la même. Car le refroidiſſement de la main n'eſt autre choſe que la perte qu'elle a faite d'une partie de ſa chaleur, en la communiquant, & cette communication eſt proportionnelle à la denſité du corps touché.

Quand les matieres qui ſe touchent ou qui ſe mêlent ſont de même nature, la chaleur ſe communique de la plus chaude à celle qui l'eſt moins en raiſon des volumes ; c'eſt-à-dire, que deux quantités égales d'une même liqueur, l'une chaude & l'autre froide,

étant mêlées enſemble ; la premiere partage également avec la ſeconde ce qu'elle a de chaleur plus qu'elle ; un exemple rendra ceci encore plus intelligible.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

DANS un vaiſſeau cylindrique fort mince, de fer-blanc, par exemple, je mets une pinte d'eau, qui n'a que dix degrés de chaleur ; & par-deſſus je verſe une autre pinte d'eau qui en a 40, & avec un thermometre de mercure, j'examine promptement quel eſt le degré actuel du mêlange.

EFFETS.

LA liqueur du thermometre plongé ſe fixe au 25e degré au-deſſus du terme de la glace.

EXPLICATIONS.

DE quelque maniere qu'on veuille conſidérer la chaleur, ſoit qu'on la regarde comme un mouvement imprimé aux parties d'un corps, ſoit qu'on

reconnoiſſe en elle l'action d'un fluide ſubtil qui tend à ſe répandre uniformément, on doit toujours s'attendre à ce que l'on voit par le réſultat de notre expérience.

XIV. LEÇON.

Suivant la premiere idée, la pinte d'eau la plus chaude eſt animée par un mouvement de quarante degrés, qui excede de trente celui de l'autre : c'eſt cet excès qui ſe partageant également entre deux maſſes égales, qui ont chacune 10 de mouvement commun, fait que chacune d'elles ſe trouve en avoir 25, à peu près comme ſi un corps peſant deux livres, & ayant quarante degrés de vîteſſe, en rencontre un autre de même poids qui ſe meut dans le même ſens avec une vîteſſe de 10 degrés ſeulement ; tous deux après le choc continuent de ſe mouvoir avec 25 degrés, qui réſultent de 10, leur vîteſſe commune, & de 15, qui eſt la moitié de l'excès de 40 ſur 10, comme on l'a vu * par les expériences de la quatrieme Leçon.

* Tom. 1, page 333, & ſuiv.

Si l'on veut que la chaleur d'un corps ſoit l'effet d'une matiere qui le pénetre & qui ſe répand dans ſon intérieur ; cette matiere, comme tous

les fluides, cherchant à remplir uniformément tous les espaces auxquels elle peut atteindre, toutes choses égales d'ailleurs, doit se raréfier à proportion de l'étendue qu'elle occupe; ainsi elle doit être une fois plus rare, avoir une action une fois plus foible, lorsqu'au lieu d'une seule pinte d'eau elle vient à en occuper deux : avant le mêlange il y avoit dix mesures de feu d'un côté, & 40 de l'autre; les deux pintes d'eau étant mêlées ensuite, ont dû partager également entr'elles les 30 mesures, qui sont l'excès de 40 sur 10; & de cette répartition il a dû résulter une chaleur qui étoit l'effet de 10 & de 15, dont la somme est 25.

J'ai fait un grand nombre d'expériences de ce genre, dans lesquelles j'ai varié les degrés de chaleur & les quantités d'eau que je mêlois ensemble; j'ai pris d'ailleurs toutes les précautions que j'ai pu imaginer pour avoir des résultats fort exacts; & j'ai toujours vu, comme je l'ai déjà dit, qu'entre deux portions de la même matiere, l'excès de chaleur de l'une sur l'autre se partageoit en raison des volumes, & que le degré de chaleur

des deux portions mêlées dépendoit de cette répartition & du degré commun de chaleur, c'eſt-à-dire, de celui qu'avoit la portion la moins chaude avant le mêlange. (*a*)

Je ne me trouve point d'accord ici avec le célebre Boerhaave, qui dit formellement * que la chaleur réſultante de deux portions égales d'une même matiere, inégalement chaudes & mêlées enſemble, eſt toujours la moitié de la quantité dont la chaleur de l'une ſurpaſſe celle de l'autre, & qui en cite des exemples. » Si vous » mêlez enſemble, dit-il, une livre » d'eau bouillante qui a 212 degrés » de chaleur, avec une autre livre » d'eau qui commence à n'être plus » glace, & qui n'a que 32 degrés; ces » deux eaux mêlées auront une cha- » leur de 90 degrés, c'eſt-à-dire, la » moitié d'une chaleur de 180, dif- » férence de 212 à 32. « (*b*) S'il diſoit

* *Elem. Chem.* t. I, pag. 144.

(*a*) J'appelle ce degré, *commun*, parce qu'il eſt dans l'une & dans l'autre portion avant le mêlange; dans l'eau moins chaude, il y eſt ſeul; dans l'autre, il y eſt avec la quantité que j'appelle *l'excès* d'une chaleur ſur l'autre.

(*b*) Le thermometre employé dans cette

XIV. LEÇON. que la chaleur de ce mêlange eſt de 90 degrés ajoutés à la chaleur commune, qui eſt 32, cela iroit fort bien avec ma théorie, & avec ce que l'expérience m'a fait voir : car ayant répété celle-là même que je viens de citer d'après lui, j'ai trouvé que la liqueur d'un thermometre, ſemblable à celui dont il s'eſt ſervi, ſe fixoit au 122e degré, c'eſt-à-dire, à 90 au-deſſus de 32.

L'erreur de fait, que je ne crois pas être de mon côté, me feroit volontiers croire qu'il faudroit ſuppléer aux paroles de Boerhaave, comme je viens de le faire, & que ſon expreſſion n'eſt défectueuſe que par la faute du Copiſte ou de l'Imprimeur ; mais il paroît que ce grand homme n'a compté en effet que ſur la moitié de l'excès d'une chaleur ſur l'autre, car il prétend que le degré commun périt dans le mêlange ; ce qui lui paroît très-difficile à comprendre : *valdè ſubtile eſt intellectu quòd gradus caloris communis*

expérience, eſt celui de Fahrenheit, qui exprime le terme de la glace de 32, & celui de l'eau bouillante, par 212.

pereat. * Et je vois par des ouvrages, où l'on a ſuivi ſa doctrine, que cet endroit a été entendu comme je viens de l'expoſer, & comme il ſe préſente naturellement. » L'effet le plus ſingu- » lier de ces mêlanges, dit un Auteur » reſpectable *, effet qui paroît entié- » rement inexplicable, c'eſt que » deux quantités égales, mais inégale- » ment chauffées d'un liquide quelcon- » que, prennent par la mixtion un de- » gré de chaleur, qui eſt *la moitié de la* » *différence de la chaleur que ces deux* » *portions du même liquide avoient avant* » *d'être mêlées.* Ainſi une livre d'eau, » qui tient le thermometre à 43 degrés, » étant mêlée avec une autre livre » d'eau bouillante, qui le tient à 212, » fera monter le thermometre, après la » mixtion, à 90 : or 90 eſt la moitié » de la différence de 32 à 212. «

XIV. LEÇON.

* *Ibid, p.* 145.

* *Differt. ſur la Nat. & la propag. du Feu, in-octavo,* 1744, *p.* 78.

Il paroît par l'aveu même de Boerhaave (*a*), qu'il n'a point fait ces expériences lui-même : & quoiqu'il ſe ſoit ſervi pour les faire d'un homme fort intelligent, j'ai peine à l'excuſer

(a) *Experimenta modò memorata inſtituit mihi celebris Fahrenheitius.* Elem. Chem. tom. 1. *p.* 145.

XIV. LEÇON.

de s'en être tout-à-fait rapporté aux yeux d'autrui, ſur-tout lorſque les réſultats qu'on lui offroit, le conduiſoient à des aſſertions dont on pouvoit tirer des conſéquences tout-à-fait étranges, & viſiblement fauſſes. Jugeons-en par celle-ci : ſelon cette doctrine, on pourroit refroidir de l'eau médiocrement chaude, en y mêlant d'autre eau, qui le ſeroit davantage ; & en voici la preuve : ſuppoſons qu'une pinte d'eau ait 20 degrés de chaleur, & qu'on verſe deſſus une autre pinte d'eau qui en ait 50 : ſi la chaleur du mêlange doit être *la moitié de l'excès de 50 ſur 20*, ce mêlange n'aura donc que 15 degrés de chaleur, c'eſt-à-dire, qu'il ſera de 5 degrés plus froid que n'étoit celle des deux pintes d'eau la moins chaude : ce qui n'eſt, comme l'on ſait, ni vrai, ni vraiſemblable.

APPLICATIONS.

COMME deux corps ſolides qui ſe touchent, deux liquides qui ſe mêlent, partagent entr'eux la quantité de chaleur que l'un a plus que l'autre, de même un corps dur plongé dans une

liqueur l'échauffe ou la refroidit, selon qu'il est plus ou moins chaud qu'elle. Les Sauvages les plus reculés de l'Amérique, qui n'ont que des vaisseaux de bois pour faire cuire la viande ou le poisson, font bouillir l'eau, en y plongeant successivement de gros cailloux qu'ils ont fait rougir dans le feu. La neige & la glace pilée se fondent en refroidissant les bouteilles pleines de vin qu'on y a plongées; & l'air diminue d'autant plus la chaleur des corps, qu'il se renouvelle plus souvent à leur surface. Ces faits, & une infinité d'autres que je ne rappelle point, sont des conséquences si nécessaires & si palpables du principe établi ci-dessus, qu'il seroit superflu de m'y arrêter davantage.

Le refroidissement n'étant autre chose qu'une diminution de chaleur, on doit s'attendre de voir cesser dans un corps qui se refroidit tous les effets du feu dont j'ai parlé ci-dessus : ce qui étoit de la flamme ne devient plus qu'une fumée épaisse, l'évaporation se ralentit, ou cesse entiérement, les matieres liquéfiées s'épaississent & reprennent peu à peu leur premiere

XIV. LEÇON.

confiſtance, & le volume augmenté par la dilatation, ſe renferme dans des limites plus étroites.

Quand tout cela ſe fait lentement, les parties ſe rapprochent proportionnellement, & dans l'ordre que la nature ou l'art a mis entr'elles ; toute la maſſe reprend ſon premier état, elle redevient telle qu'elle étoit avant qu'elle éprouvât l'action du feu, à moins que cette action ne lui ait enlevé une partie de ſes principes. Mais un refroidiſſement trop prompt a quelquefois des effets fort différents ; en ôtant aux parties la mobilité reſpective, ou la ſoupleſſe que le feu leur avoit donnée, il les fixe avant qu'elles aient pu s'approcher ſuffiſamment & ſe ranger dans l'ordre qui leur convient ; delà il arrive que le corps qu'elles compoſent, quoique dur dans ſes molécules, ne prend qu'une conſiſtance imparfaite, parce que ces molécules n'ont pas aſſez de liaiſon entre elles. J'en puis citer deux exemples bien remarquables, le premier eſt l'effet de la trempe ſur l'acier ; on peut voir ce que j'en ai dit en parlant du reſſort.* Le ſecond eſt un phénomene aſſez

* *Tome 1, page 139 & ſuiv.*

aſſez ſingulier, que les Phyſiciens examinent depuis long-temps, & dont ils ont à peine entrevu la cauſe : voici le fait.

Les Verriers prennent au bout d'une canne de fer un peu de verre fondu qu'ils laiſſent tomber tout liquide dans un ſeau plein d'eau fraîche ; il s'en forme une petite larme, telle qu'on la voit repréſentée par la *Fig.* 32, dans le gros de laquelle on voit toujours comme une ou pluſieurs petites bulles d'air. On peut frapper aſſez fortement avec un marteau ſur cette larme ſans la caſſer ; mais ſi l'on en rompt la queue, tout ſe briſe avec éclat & ſe réduit en une eſpece de gros ſable, dont chaque grain, vu au microſcope, paroît fendu de tous les côtés.

Ceux qui ont commencé à raiſonner ſur ce phénomene, l'ont attribué aux efforts de l'air, ſans dire ni pourquoi, ni comment cela ſe faiſoit ; apparemment parce qu'ils prenoient pour de l'air ces eſpeces de bulles qu'on apperçoit dans l'épaiſſeur du verre : mais d'où viendroit cet air dans une matiere auſſi ardente, & à quel

XIV. LEÇON.

point n'y seroit-il pas raréfié & affoibli, s'il y avoit été enveloppé ? L'air n'agit donc point intérieurement ; & celui du dehors n'a pas plus de part à cet effet ; car on réussit également bien en rompant de ces larmes dans le vuide ou dans l'air libre.

Ces prétendues bulles d'air ne sont autre chose que des espaces abandonnés par la matiere qui se condense. Ne sait-on pas, & n'avons-nous pas vu que tout corps qui, de liquide, devient solide, diminue de volume ? Cette diminution ne pouvant avoir lieu qu'autant que les parties ont assez de mobilité pour se rapprocher, si la solidité commence brusquement & par la superficie, les parties du dedans, en se portant vers cette surface solide, ne manquent pas de laisser quelque vuide au milieu d'elles ; c'est ainsi que sous la croûte du pain la mie, en se cuisant, se trouve interrompue par une infinité de petites cavités. De même, je conçois que le verre se durcit d'abord extérieurement par la fraîcheur de l'eau qui le touche, & que le dedans venant ensuite à se condenser, il

reste vers le centre un espace qui n'est rempli par rien qui soit aussi dense que l'air.

Je ne puis douter que le refroidissement de ces larmes ne se fasse de couche en couche, depuis la superficie jusqu'au centre, & que la chaleur du dedans ne subsiste assez long-temps pour donner lieu aux parties de se rapprocher & de se serrer davantage: je les ai vues rouges au fond du seau pendant plus de six secondes, & je me suis assuré que ce degré de chaleur n'étoit qu'interne, en les recevant dans ma main, que je tenois plongée dans l'eau.

Il n'est pas besoin que le verre ait la forme d'une larme solide pour produire l'effet dont il est ici question; on voit quelque chose de très-semblable, avec une petite phiole qu'on peut comparer à une poire creuse, *Fig.* 33, & dont le fond est beaucoup plus épais que le reste: assez souvent ces petits vaisseaux se cassent d'eux-mêmes avant que d'être entiérement refroidis; mais quand ils restent entiers, on est sûr de les faire éclater

XIV. LEÇON.

en y laiſſant tomber un petit gravier, ou un fragment de pierre à fuſil, ce que ne fait pas une petite balle de plomb, quoique plus peſante.

Il eſt très-probable que le verre ne ſe caſſe ainſi que parce que les couches qui compoſent ſon épaiſſeur ont été condenſées & rendues ſolides comme en pluſieurs temps; les couches extérieures s'étant durcies avant les autres, celles-ci en ſe condenſant les ont obligées de ſe plier vers elles, à peu près comme un arc qui ſe tend par le raccourciſſement de ſa corde. Lorſque le choc d'un corps aigu, une rupture faite exprès, ou une ſecouſſe violente, donne lieu aux parties internes de ſe quitter, les couches extérieures qu'elles tenoient en contraction, ſe débandent comme autant de reſſorts; & toutes ces lames élaſtiques étant compoſées de parties mal jointes, à cauſe du refroidiſſement ſubit qu'elles ont ſouffert, elles ſe briſent en ſe débandant, ce qui arrive aſſez ſouvent à des corps élaſtiques d'une matiere fragile, qui ne peuvent pas ſe prêter à toute l'étendue de leur

réaction, parce qu'il est rare qu'ils soient aussi flexibles dans un sens que dans l'autre.

Ce qui augmente la vraisemblance de cette explication, c'est qu'une larme de verre qu'on a fait rougir sur des charbons ardents, & les petites phioles épaisses par le fond, qu'on a tenues dans l'arche de la verrerie pour les y faire refroidir très-lentement, ne se brisent plus quand on en fait l'épreuve; & j'ai remarqué en général que les vaisseaux de verre, dont l'épaisseur étoit grande & inégale, se cassoient souvent d'eux-mêmes, & qu'on ne pouvoit les mettre à l'abri de cet accident, qu'en les faisant recuire long-temps & fortement à la verrerie, aussi-tôt qu'ils ont été formés: or il est comme visible que ce recuit donne lieu aux couches extérieures de se plier, sans contrainte, au gré des autres, & aux parties qui les composent, de s'arranger & de se joindre plus solidement.

Puisque le froid n'est autre chose qu'une moindre chaleur, on ne doit point le considérer comme une qua-

XIV. Leçon.

lité absolue, mais seulement relative : tel corps est froid à l'égard de celui-ci, qui paroîtra chaud par rapport à celui-là : de la neige pure qui fait descendre la liqueur du thermometre sortant d'un air tempéré, la feroit monter très-sensiblement, si cet instrument avoit été plongé pendant quelques temps dans un mêlange de glace & de sel : les caves que nous trouvons chaudes pendant l'hiver, & froides pendant l'été, ne nous paroissent telles que par la différence qu'il y a entre leur température, qui est toujours à peu près la même, & celle de l'air que nous venons de quitter quand nous entrons dans ces souterreins. On peut faire sur cela une expérience bien simple, & en même-temps bien convainquante ; que l'on prenne soin d'avoir une de ses mains très-froide, & l'autre bien chaude, & qu'on les plonge successivement dans un seau plein d'eau de puits nouvellement tirée ; cette eau sera infailliblement jugée chaude, lorsqu'on la touchera avec la main froide, & froide au contrai-

re, lorſqu'on y plongera la main chaude.

La congélation de l'eau eſt un des plus ſinguliers phénomenes du refroidiſſement ; je crois avoir rapporté dans la douzieme Leçon tout ce qu'on en ſait de plus curieux & de plus intéreſſant ; il ne me reſte ſur cela qu'une réflexion à faire, c'eſt que l'eau qui ſe gele, n'eſt qu'un exemple particulier de ce qui arrive par le froid à une infinité d'autres matieres : une bougie, à proprement parler, eſt un bâton de cire glacée ; la Statue équeſtre d'Henri IV, ſur le Pont-neuf, eſt une glace de bronze, à qui l'on a fait prendre cette forme dans un moule. Les vîtres & les miroirs de nos appartements ſont des lames, ou des plaques de verre gelé : enfin, tout ce qui devient liquide par l'action du feu, & qui ſe durcit en ſe refroidiſſant, ne differe de l'eau & de la glace à cet égard que parce que ſa congélation arrive plutôt ou plus tard, qu'elle fait une maſſe plus ou moins dure, moins tranſparente ou opaque, &c. & je ne

XIV. LEÇON.

crains pas de dire que ces idées ne pourront paroître étranges qu'à ceux qui n'auront point aſſez réfléchi ſur la cauſe la plus ordinaire & preſque générale de la liquidité & de la ſolidité des corps.

Fin du quatrieme Tome.


Fig. 32.


Fig. 33.


Fig. 30.


Fig. 31.



TABLE DES MATIERES

Contenues dans le quatrieme Volume.

XII. LEÇON.

Sur la nature & les propriétés de l'Eau.

XIII. LEÇON.

De la nature & des propriétés du Feu.

XIV. LEÇON.

Fin de la Table des Matieres.





